



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta textilní



ZAVEDENÍ NOVÉHO TERMOIZOLAČNÍHO MATERIÁLU DO VÝROBY ZIMNÍCH ODĚVŮ

Bakalářská práce

Studijní program: B3107 – Textil
Studijní obor: 3107R011 – Textilní materiály a zkušebnictví
Autor práce: **Barbora Rejzková**
Vedoucí práce: Ing. Jitka Nováková





THE INTRODUCTION OF THE NEW THERMO-INSULATING MATERIAL IN THE PRODUCTION OF WINTER CLOTHING

Bachelor thesis

Study programme: B3107 – Textil
Study branch: 3107R011 – Textile materials and metrology
Author: **Barbora Rejzková**
Supervisor: Ing. Jitka Nováková



Tento list nahradte
originálem zadání.

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych ráda poděkovala vedoucí bakalářské práce paní Ing. Jitce Novákové za cenné rady a ochotu při realizaci této práce. Dále bych chtěla poděkovat zaměstnancům Katedry materiálového inženýrství za pomoc a realizaci experimentální části. Zároveň děkuji zaměstnancům Katedry hodnocení textilií za možnost využití laboratorních zařízení. V neposlední řadě děkuji rodině a blízkým za soustavnou podporu a pomoc v průběhu dosavadního studia.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá porovnáváním stávajících termoizolačních výplňkových materiálů používaných firmou Direct Alpine, s.r.o. s novým směsovým termo-izolačním materiálem. V experimentální části jsou porovnávány nejdůležitější parametry termofyziologického komfortu za extrémních stavů všech výplňkových materiálů. Cílem této práce je porovnání a zhodnocení nejdůležitějších vlastností i ceny zimního oděvu z pohledu zákazníka. Srovnání zavedených výplňkových materiálů s novým materiálem.

KLÍČOVÁ SLOVA:

tepelný odpor, tloušťka, výplňkové oděvní materiály, Alambeta, Tloušťkoměr

ABSTRACT

This thesis deals with the comparison of existing padding thermal insulating materials used by the company Direct Alpine, Ltd. with new a mixed thermo-insulating material. In the experimental part are compare most important characteristics of thermophysical comfort in extreme conditions of all filling materials The aim of this study is to compare and evaluate the most important features and prices of winter clothing from a customer perspective. Comparison of established padding material with new material

KEY WORDS:

thermal resistance, thickness, padding materials clothing, Alambeta, Thickness

Zpracovatel: Technická univerzita v Liberci, Katedra materiálového inženýrství
Dokončeno: 2015

Počet stran: 58
Počet příloh: 11
Počet tabulek: 0
Počet grafů: 18
Počet obrázků: 12

Obsah

Seznam grafů	9
Seznam obrázků	10
Seznam použitých symbolů	11
Úvod.....	9
1 Teoretická část.....	10
1.1 Výplňkové oděvní materiály	10
1.1.1 Tepelně izolační vlastnosti syntetických materiálů	10
1.1.2 Přírodní výplňkový materiál	11
1.1.2.1 Peří.....	11
1.1.3 Syntetický výplňkový materiál	13
1.1.3.1 Polyesterová vlákna.....	13
1.1.3.2 Polyamidová vlákna	13
1.1.4 Směsový výplňkový materiál.....	14
1.2 Komfort textilií.....	14
1.2.1 Psychologický komfort	14
1.2.2 Senzorický komfort.....	15
1.2.2.1 Hodnocení tepelného omaku	16
1.2.2.2 Přístroje pro objektivní hodnocení tepelného omaku	16
1.2.3 Patofyziologický komfort	16
1.2.4 Termofyziologický komfort.....	16
1.3 Způsoby hodnocení termofyziologického komfortu textilií	18
1.3.1 Gravimetrická metoda.....	18
1.3.2 Metoda DREO	18
1.3.3 Permetest.....	19
1.3.4 Potíčí torzo	19

1.3.5	Alambeta	19
1.3.5.1	Tloušťka materiálu	20
1.3.5.2	Plošný odpor vedení tepla	21
1.3.5.3	Měrná tepelná vodivost	21
1.3.5.4	Tepelný tok	21
1.3.5.5	Měrná teplotní vodivost	21
1.3.5.6	Tepelná jímavost	21
1.4	Vlastnosti tvaru plošných textilií	22
1.4.1	Tloušťka a stlačitelnost	22
1.4.1.1	Digitální tloušťkoměr SDL M034A	22
2	Experimentální část	23
2.1	Vzorky	23
2.1.1	Směsová výplň	23
2.1.2	Polyesterová výplň	24
2.1.3	Prachové peří	25
2.1.4	Drané peří	25
2.2	Příprava vzorků	26
2.3	Stanovení tepelného odporu vzorků před smočením a po usušení	26
2.3.1	Postup měření	28
2.3.1.1	Výsledky tepelného odporu před smočením a po usušení	28
2.4	Stanovení tepelného odporu vzorků za mokra	31
2.4.1	Příprava vzorků ke smáčení	31
2.4.2	Postup měření	32
2.4.2.1	Výsledky tepelného odporu za mokra	32
2.5	Stanovení tloušťky vzorků	34
2.5.1	Postup měření	35

2.5.1.1	Vyhodnocení tloušťky vzorků	35
2.6	Stanovení stlačitelnosti vzorků	39
2.6.1	Vyhodnocení stlačitelnosti vzorků.....	39
3	Závěr.....	41
	Seznam použité literatury	45
	Obsah přiloženého CD.....	47
	Přílohy.....	48

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Graf průměrného tepelného odporu před smočením výplní (vzorků) za přtlaku 1000 Pa	29
Graf 2: Graf průměrného tepelného odporu před smočením výplní (vzorků) za přtlaku 200 Pa	29
Graf 3: Graf průměrného tepelného odporu výplní po usušení, za přtlaku 1000 Pa	30
Graf 4: Graf průměrného tepelného odporu výplní po usušení za přtlaku 200 Pa	30
Graf 5: Graf průměrného tepelného odporu za 20% stlačení, za přtlaku 200 Pa	31
Graf 6: Graf průměrného tepelného odporu výplní za mokra, za přtlaku 1000 Pa	33
Graf 7: Graf průměrného tepelného odporu výplní měřený za mokra, za přtlaku 200 Pa	34
Graf 8: Graf průměrného tepelného odporu za 20% stlačení vzorků za mokra.....	34
Graf 9: Graf průměrné tloušťky vzorků před smočením, za přtlaku 100 Pa	36
Graf 10: Graf průměrné tloušťky vzorků před smočením, za přtlaku 1000 Pa	36
Graf 11: Graf průměrné tloušťky vzorků za mokra, za přtlaku 1000 Pa	37
Graf 12: Graf průměrné tloušťky vzorků za mokra, za přtlaku 100 Pa	37
Graf 13: Graf průměrné tloušťky vzorků po usušení, za přtlaku 1000 Pa.....	38
Graf 14: Graf průměrné tloušťky vzorků po usušení, za přtlaku 100 Pa.....	38
Graf 15: Průměrná stlačitelnost vzorků před smočením.....	39
Graf 16: Průměrná stlačitelnost vzorků za mokra	40
Graf 17: Průměrná stlačitelnost vzorků po usušení	40
Graf 18: Graf průměrných hodnot tepelného odporu ve třech fázích.....	43

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1.1 Struktura ptačího pera dle [13]	11
Obrázek 1.2 Detail a struktura prachového peří dle [13]	12
Obrázek 1.3 Schéma přístroje Alambeta dle [10]	20
Obrázek 2.1 Fotografie vrchového materiálu a důkazu vodoodpudivé úpravy	23
Obrázek 2.2 Fotografie směsového materiálu „PrimaLoft Silver Insulation Down Blend“	24
Obrázek 2.3 Fotografie polyesterové prošíváné výplně (v milimetrovém měřítku)	24
Obrázek 2.4 Fotografie výplně prachového peří (v milimetrovém měřítku)	25
Obrázek 2.5 Fotografie draného husího peří pod scannerem (v mm měřítku)	25
Obrázek 2.6 Fotografie přípravy vzorků	26
Obrázek 2.7 Fotografie měření tepelného odporu na vzorcích	27
Obrázek 2.8 Fotografie měření tepelného odporu za 20% stlačení s podpěrami	28
Obrázek 2.9 Fotografie vzorku v lázni před a po smočení	32

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

Koeficient tření	f_s	[-]
Drsnost povrchu	D_f	[-]
Tloušťka materiálu	h	[mm]
Stlačitelnost	z	[mm]
Tepelný omak (Tepelná jímavost)	b	[W.m ⁻² s ^{-1/2} K ⁻¹]
Roztažnost	ε	[%]
Ohybová tuhost	B	[10 ⁻⁷ Nm ⁻²]
Smyková tuhost	G	[g.m ⁻²]
Teplota povrchu měřicí hlavice	t_m	[°C]
Teplota vzduchu proudícího kanálem podél hlavice	t_a	[°C]
Tepelný tok	q	[Wm ²]
Měrná tepelná vodivost	λ	[Wm ⁻¹ K ⁻¹]
Měrná tepelná kapacita	c	[J.kg ⁻¹ K ⁻¹]
Plošný odpor vedení tepla	r	[W ⁻¹ K.m ²]
Měrná teplotní vodivost	a	[m ² s ⁻¹]
Tlak	p	[Pa]
Mokrý přivažek	U	[%]
Hmotnost mokrého vzorku	m_m	[g]
Hmotnost suchého vzorku	m_s	[g]

ÚVOD

Tato práce má především za úkol porovnat tepelně-izolační vlastnosti výplňkových materiálů. Následně vyhodnotit nové a stávající výplňkové termoizolační materiály pro firmu Direct Alpine s.r.o., která vyrábí od roku 1998 outdoorové oblečení. Tato liberecká firma působí na světových trzích v Japonsku a Koreji a byla vybrána výběrovým řízením k poskytování ochranné vrstvy oděvů profesionálním členům Horské služby ČR. [1]

Bakalářská práce je zaměřena na porovnávání termoizolačních vlastností stávajících výplňkových materiálů, které používá firma Direct Alpine s.r.o., a nových výplňkových materiálů, které plánuje zavést do výroby. Jedná se především o polyesterovou výplň, prachové peří a směsovou výplň z peří a polyesterového vlákna. Teoretická část bakalářské práce se zabývá materiály, které se používají pro výplně do zimních oděvů. Vlastnostmi a stručným popisem přírodních a syntetických termoizolačních výplňkových materiálů. Dále podrobnějším popisem termofyziologického a senzorického komfortu textilií. A v neposlední řadě jsou popsány přístroje Alambeta a digitální tloušťkoměr, na kterých byly vlastnosti porovnávány.

V experimentální části jsou stručně popsány vzorky, které byly k tomuto experimentu k dispozici. Dále měření na přístroji Alambeta, kde byly porovnávány čtyři druhy výplňkových materiálů: směsového materiálu, syntetického polyesterového materiálu, prachového peří a ručně drané peří. Na těchto vzorcích byl zkoumán extrémní (krajní) tepelný odpor ve třech stavech vzorku před smočením, za mokra a po usušení za různých přtlaků (běžným přtlakem 200 Pa a přtlakem 1000 Pa). Dále byl zkoumán tepelný odpor při stlačení vzorku na 80% jeho výšky. Také byla zkoumána tloušťka materiálu, před smočením, za mokra a po usušení, měřená za různých přtlaků (běžný přtlak 100 Pa a přtlakem 1000 Pa), která byla naměřena na digitálním tloušťkoměru SDL M034A pro plošné textilie. Posledním zkoumaným parametrem byla stlačitelnost.

Cílem této práce je porovnání a zhodnocení nejdůležitějších vlastností zimního oděvu z pohledu zákazníka. Srovnání stávajících výplňkových materiálů (používaných firmou Direct Alpine, s.r.o.) pomocí testů zmíněných výše s novým výplňkovým materiálem.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 VÝPLŇKOVÉ ODĚVNÍ MATERIÁLY

Výplňkové oděvní materiály byly vyvinuty k zamezení úniku tepla. Slouží jako tepelně izolační vložky oděvů. Dříve se jako výplňkový materiál používaly vlněné a kožešinové vložky, textilní odpadový materiál nebo bavlněné materiály (kalmuk, krejčovská vata nebo vatelín). Dnes je používáme jen zřídka, díky náročnému zpracování a nevyhovující plošné hmotnosti.

V druhé polovině toho století se rozvinula technologie netkaných textilií, která umožnila rozvoj a uplatnění nejen ve výrobě syntetických výplňkových materiálů (rouna z polyamidu, polyesteru, polypropylenu), které mají dobré tepelně-izolační vlastnosti a jsou lehké, ale i v mnoha dalších odvětvích. K výhodám syntetických výplňkových materiálů patří větší pružnost, menší plošná hmotnost a větší objem.

Výplňkový materiál plní převážně dvě funkce. První funkce je tepelně-izolační. Jedná se o výplň mezi vrchovým materiálem a podšívkou, buď v celé ploše oděvu, anebo jen v její části. Čím má výplň větší objem, tím více uvnitř oděvu zadržuje vzduch a proto má lepší tepelně-izolační vlastnosti. Výplňkové materiály se používají především jako výplně do zimních bund, kombinéz, do zimních pracovních oděvů, výplně do spacích pytlů, atd. Druhá funkce je estetická. Kde zajišťuje modelaci ramen a ramenní výplně nebo také může tvořit módní výplň pro plastické prošívání obrazce. [2] [3] [4]

1.1.1 Tepelně izolační vlastnosti syntetických materiálů

Rouno neplní tepelnou izolaci přímo svým vlákenným materiálem, ale vzduchem, který je obsažený ve struktuře textilie. Je známo, že vzduch je velmi špatným vodičem tepla, je tedy téměř dokonalým izolantem.

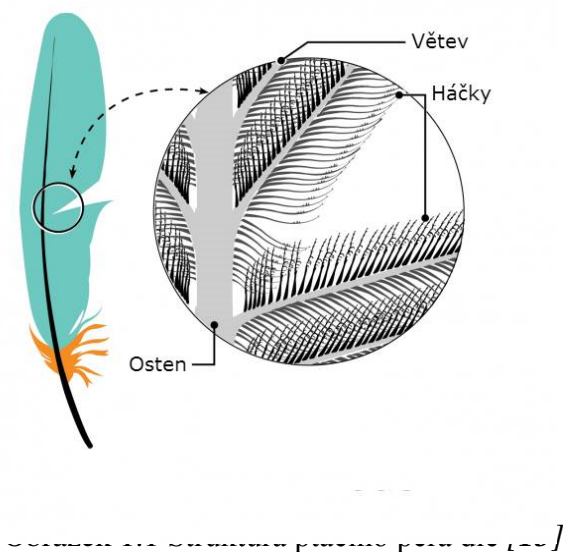
Tepelně-izolační vlastnosti oděvu ovlivňuje také tloušťka, délka, zkadeření a pružnost vláken. Tepelná izolace je také závislá na vlhkosti rouna. Je známo, že se zvyšující se vlhkostí klesá tepelný odpor textilie. Voda patří mezi dobré vodiče tepla, a proto zvyšuje tepelnou vodivost materiálu. Je-li v pórech voda, zvětšují se styčné plochy mezi částicemi materiálu, a tím i jeho tepelná vodivost.

Charakteristickým znakem kvalitní tepelné izolace je právě nízká tepelná vodivost. Tedy nežádoucím jevem je, aby tepelně-izolační vložka obsahovala větší množství vlhkosti vzniklé např. sněhem, deštěm nebo nadměrným pocením, protože vlhkost značně zvyšuje tepelnou vodivost.

Výplně se vkládají buď mezi vrchový a podšívkový materiál anebo mezi výztuž a podšívku. Většinou se spojují ozdobným prošitím nebo jiným pojením přímo s vrchovým materiálem nebo pojením ve švu. [2] [4]

1.1.2 Přírodní výplňkový materiál

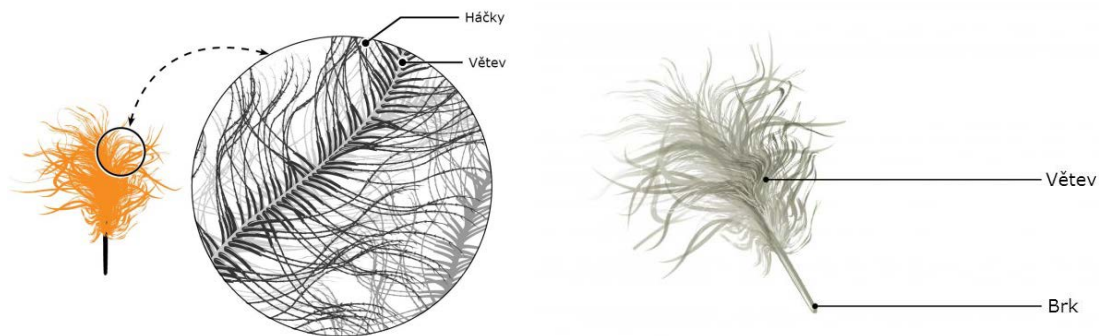
Existuje více přírodních výplňkových materiálů, jak je již zmíněno v kapitole 1.1. V této části bude popsáno pouze peří. Z důvodu jeho použití v experimentu.



1.1.2.1 Peří

Peří jako přírodní výplňkový materiál má vynikající izolační schopnosti. Do této skupiny řadíme především peří vodního ptactva. Mezi nejvíce používané peří patří husí a kachní. Struktura ptačího pera na Obr. 1.1.

Nejpoužívanějším výplňkovým peřím je prachové peří. Prachové peří je v podstatě „vločka“ protože nemá žádný stvol. Povrch této „vločky“ je pokryt velmi bohatě rozvětvenými prachovými částicemi. Viz Obr. 1.2.



prachového peří dle [13]

Izolaci u zimních oděvů obstarává právě vzduch, který se nachází v komorách mezi peřím a materiálem. Pro schopnost vytvářet komory uvnitř oděvu vyplněné peřím, je nutné přidat určitý počet malých pírek s brky, které materiál nadzvedávají a jak je zmíněno výše, vytváří komory.

Kvalitu peří zjistíme podle plnivosti, která se udává v jednotce cuin. Tato hodnota určuje, kolik kubických palců (1 kubický palec = 6,387 cm³) naplní jedna unce (28,35 g) peří pod zátěží. Čím je vyšší hodnota plnivosti peří, tím jsou lepší tepelně-izolační vlastnosti oděvu. Celkově je materiál lehčí a stlačitelnější. Plnivost dravčího peří je nejvýše 750 cuin, zatímco plnivost dravčího husího peří se pohybuje kolem 600 – 900 cuin. Nejlepší peřím je kajčí, které dosahuje plnivosti 900 – 1200 cuin. Tento druh peří se získává ručním sběrem z kajčích hnízd. [2] [5]

Prachové peří se posuzuje podle těchto hledisek [2]:

- Index plnicí schopnosti: schopnost vyplnit určitý objem při konstantním zatížení a konstantní hmotnosti
- Procentní obsah prachových částic k malým pírkům. Např. 85/15, 90/10 (90% prachového peří a 10% drobných pružných pírek). Stoprocentního prachového peří lze dosáhnout jen v laboratorních podmínkách.

1.1.3 Syntetický výplňkový materiál

V dnešní době představují syntetické materiály jednu z největších skupin využívaných nejen textilním průmyslem. [6]

Dnes se běžně do výplní zimních oděvů používají rouna, která se vyrábějí pomocí netkaných technologií, chemickým pojením nebo mechanickým vázáním, proplétáním nebo vpichováním. Takto vyrobená vlákenná vrstva se vyznačuje měkkostí, objemností a malou hmotností. Rouna jsou především vyráběna z polyesteru, polyamidu, polypropylenu nebo z jejich směsí. [2] [4]

Nevýhody používání výplňkových materiálů: Jestliže má vrchový nebo podšívkový materiál řidší dostavu, je možné, že vlákna z výplně mohou pronikat skrz materiál na povrch a tam vytvářet žmolky. Které zhoršují estetickou funkci oděvu. Toto pronikání výplňkového materiálu můžeme zmírnit použitím obloučkovaných vláken (fyzikální modifikace vlákna) pro výrobu rouna. Tento problém pronikání výplně může nastat i u peří, které může pronikat skrz vrchový materiál pomocí brka na konci prachového pera. [2]

Příklady vláken určených jako oděvní výplňkový materiál: Jejimi představiteli jsou dutá vlákna. U dutých vláken je často nepravdivě uváděno, že vzduch v prostorách vláken zvyšuje izolační vlastnosti. Z praktického hlediska je zvýšení zanedbatelné. Dutá vlákna díky svým mechanickým vlastnostem více odolávají stlačení a pomáhají udržet objem netkané textilie. [2]

1.1.3.1 Polyesterová vlákna

Patří mezi nejpoužívanější syntetická vlákna. Jejich produkce a využití stále roste. První patenty na polyester a výrobu jsou zmiňovány ve 40. letech 20. století. K jejich dobrým vlastnostem patří nízká navlhavost, snadná údržba a rychlé schnutí. Naopak za nevýhodu považujeme velký sklon ke vzniku elektrostatického náboje a žmolků. [6] [7]

1.1.3.2 Polyamidová vlákna

Jsou na druhém místě co do významu. Polyamidových vláken je několik druhů, k těm nejběžnějším patří vlákna z polyamidu 6 (PA 6) a vlákna z polyamidu 6.6 (PA 6.6). Do technologických výhod můžeme zařadit dobré mechanické vlastnosti -

odolnosti vůči opakovanému namáhání, snadné praní a rychlé schnutí. Za nevýhody považujeme malou odolnost vůči slunečnímu záření (žloutnutí) a vznik elektrostatického náboje. [6]

1.1.4 Směsový výplňkový materiál

Jedná se o směs firmy Primaloft, která je tvořena z 60% kachního prachového peří a z 40% polyesterového vlákna pod obchodním názvem PrimaLoft Silver Insulation Down Blend. Podle firmy Primaloft umožní směsový výplňkový materiál udržet 94% tepla ve vlhkých podmínkách. K výhodám tohoto směsového materiálu patří vysoký pocit hřejivosti, lehkost, vysoká stlačitelnost, vodoodpudivost a měkkost. [8]

1.2 KOMFORT TEXTILÍ

Každá oděvní textilie má své základní vlastnosti před jeho používáním, jako je např. tvarová stálost, propustnost, deformační vlastnosti atd. Jakmile je výrobek vyroben a používán, jeho vlastnosti jsou namáhány v čase (tedy dostávají dynamický charakter) a jsou tudíž ovlivňovány jak z okolního prostředí, tak i ze strany organismu. Záleží tedy kompletně na všech vlivech, které jsou dané těmito charakteristikami: organismus – oděv – prostředí. [3]

Všeobecně komfort oděvu můžeme definovat jako pocit pohodlí a pohody uživatele oděvu, který tento komfort vnímá všemi lidskými smysly, jako je hmat, zrak, sluch a čich. Jedná se o stav, kdy tyto smysly nezaznamenají žádné nepříjemné nebo bolestivé vjemy. Komfortem rozumíme to, kdy nepřevažují pocity chladu ani tepla, neboli diskomfort, a je možné v tomto stavu nadále setrvat a pracovat.

Komfort dělíme do následujících čtyř skupin: psychologický, senzorický, patofyziologický a termofyziologický. [9]

1.2.1 Psychologický komfort

Psychologický komfort je velice individuální, ale zároveň je důležitou součástí celkového komfortu oděvu.

Dělí se do následujících hledisek:

- Klimatická hlediska
- Ekonomická hlediska

- Historická hlediska
- Kulturní hlediska
- Sociální hlediska
- Skupinová a individuální hlediska

Klimatickým hlediskem rozumíme to, že každodenní oděv v různých geografických oblastech se přizpůsobil klimatickým podmínkám v dané oblasti. Do ekonomických hledisek zahrnujeme výrobní prostředky, politický systém, úroveň technologie apod. Kulturním hlediskem rozumíme náboženství, zvyky, tradice a obřady. Do sociálních hledisek patří věk, vzdělání, kvalifikace, postavení nebo pozice v této třídě. Skupinová a individuální hlediska zahrnují trendy, osobní preference, módní vlivy aj. [9]

1.2.2 Senzorický komfort

Senzorický komfort definujeme jako smyslový komfort, který zahrnuje vjemy a pocity člověka při přímém styku pokožky s první vrstvou oděvu. Pocity, které vznikají při styku s pokožkou, mohou být buď příjemné anebo nepříjemné. Do příjemných pocitů řadíme pocit měkkosti, splývavosti naopak do nepříjemných pocitů vlhkosti, škrábání, kousání apod.

Dále se také dělí na komfort nošení a na omak. Do komfortu nošení oděvů patří především povrchová struktura použitých textilií, rozložení tlaků v oděvním systému (mechanické vlastnosti) a schopnost textilu absorbovat a transportovat plynnou nebo kapalnou vlhkost.

Omak je velice subjektivní veličina. Je založena na vjemech, které cítí uživatel při dotyku s povrchem oděvu prostřednictvím prstů a dlaní. Lze jej také definovat těmito vlastnostmi: hladkostí (součinitel povrchového tření), tuhostí (ohybovou a smykovou), objemností (lze nahradit stlačitelností) a tepelně-kontaktním vjemem. [9]

Při manuálním hodnocení nakupovaného oděvu zákazníkem jsou vnímány tyto charakteristiky omaku dle pořadí [9]:

- | | | |
|------------------------------|-------|------|
| • Koeficient tření | f_s | [-] |
| • Drsnost povrchu | D_f | [-] |
| • Tloušťka (Plošná hmotnost) | h | [mm] |

• Stlačitelnost	S	[-]
• Tepelný omak (Tepelná jímavost)	b	[W.m ⁻² K ⁻¹ s ^{-1/2}]
• Roztažnost	ε	[%]
• Ohybová tuhost	B	[10 ⁻⁷ Nm ⁻²]
• Smyková tuhost	G	[g.m ⁻²]

1.2.2.1 *Hodnocení tepelného omaku*

Tepelný omak je pocit, který vnímáme při krátkém dotyku pokožky s textilií (např. při oblékání oděvu). Objektivní hodnocení tepelného omaku se stává za poslední desetiletí velice důležitým faktorem. Tato vlastnost silně ovlivňuje výběr zákazníka při koupi daného oděvu. [9]

1.2.2.2 *Přístroje pro objektivní hodnocení tepelného omaku*

Přístroj Thermo-Labo byl prvním přístrojem, který objektivně hodnotil tepelný omak materiálů. Tento přístroj měří pomocí maximálního kontaktního tepelného toku q_{\max} [Wm⁻²K⁻¹] (vypočteného z naměřené přechodové křivky teploty). Nevýhodou je složitost matematického zpracování výsledků a časová náročnost.

Alambeta je přístroj, který měří termo-fyzikální parametry textilií. Jako jsou izolační vlastnosti a dynamické vlastnosti. Více v kapitole 1.3.5. [9]

1.2.3 **Patofyziologický komfort**

Patofyziologický komfort je ovlivněn působením patofyziologicko-toxických vlivů. Zabývá se tedy působením chemických substancí, které jsou obsaženy v materiálu (oděvu) a mikroorganismů, neboť jsou součástí lidské pokožky. Dermatóza (kožní onemocnění) může být vyvolána dotykem oděvu s pokožkou. Proto záleží na vzájemném působení lidské pokožky a na úrovni patofyziologického komfortu oděvu. Dnes se používají různé chemické úpravy, jako je např. baktericidní, hygienická atd., které zabraňují působení mikroorganismů na pokožce. [9]

1.2.4 **Termofyziologický komfort**

Termofyziologický komfort je schopnost organismu udržet tělesnou teplotu v optimu i přes to, že tvorba tepla v lidském organismu (příjem i ztráty) neustále kolísá. Jedná se o stav teplotního pohodlí. Aby byly termofyziologické funkce v optimu, musí

být v optimální úrovni i tyto oblasti, jako jsou vlhkost pokožky, teplota pokožky a obsah CO_2 ve vzdušné vrstvě nad pokožkou.

Vlhkost pokožky je způsobena pocením, kterým se lidský organismus vyrovnává s teplotním kolísáním. Pocení závisí na pracovním zatížení a také na klimatických podmínkách.

Teplota pokožky není jednotná ve všech částech lidského těla. Průměrná vnitřní teplota lidského těla se pohybuje kolem $36 - 37^\circ\text{C}$. Nejlépe prokrvené části mají logicky vyšší teplotu pokožky, což je v rozmezí $35 - 36^\circ\text{C}$, jedná se o hlavu, břicho a hrudník. Nohy a ruce se pohybují v teplotním rozmezí mezi $29 - 31^\circ\text{C}$. Nejchladnější části lidského těla jsou tělní zakončení, jako jsou např. prsty nebo špička nosu. Tyto nejchladnější části mají teplotu mezi 23 a 28°C . Teplota lidské pokožky se pohybuje v závislosti na prokrvenosti těla, teplotě okolí a fyziologické zátěži. Každý člověk vnímá teplotní optimum odlišně.

Obsah CO_2 ve vzdušné vrstvě nad pokožkou. Jde o výměnu kyslíku O_2 a oxidu uhličitého CO_2 během dýchání pokožky. Kyslík vstupuje do organismu a váže se na krev, zatímco oxid uhličitý je z organismu vylučován do okolního prostředí. Mezi oděvem a kůží vzniká speciální klimatická vrstva. Tuto vrstvu nazýváme mikroklima, které je tvořeno vlhkostí, teplotou a oxidem uhličitým. Optimálního mikroklimatu je možné docílit konstrukcí materiálu, ale i správně zvolenou vlákennou surovinou.

Optimálními hodnoty příjemného mikroklima jsou [9]:

- Teplota pokožky v rozmezí $33 - 35^\circ\text{C}$
- Relativní vlhkost vzduchu (RH) $50 \pm 10\%$
- Obsah CO_2 cca $0,07\%$
- Rychlost proudění vzduchu $25 \pm 10 \text{ cm.s}^{-1}$
- Nepřítomnost vody (potu) na pokožce

Termofyziologický komfort oděvů můžeme charakterizovat pomocí parametrů tepelného a výparného odporu, které jsou závislé na čase a na okolních podmínkách.

Výparný odpor se skládá ze dvou částí. První částí je celkový výparný odpor oděvu, druhou částí je výparný odpor mezní vrstvy (vrstva vnějšího přilehlého

vzduchu). Výparný odpor je důležitý z hlediska ochlazování těla pomocí odpařováním potu z pokožky.

Tepelný odpor se skládá podobně jako výparný z tepelného odporu mezní vrstvy a tepelného odporu vlastního oděvu. Tepelný odpor je odpor proti prostupu tepla vzorkem textilie, za definované teploty (t_m) povrchu měřicí hlavice z jedné strany a vedením tepla z druhé (vnější) strany do vzduchu o teplotě (t_a), která proudí kanálem podél měřicí hlavice. [9]

1.3 ZPŮSOBY HODNOCENÍ TERMOFYZIOLOGICKÉHO KOMFORTU TEXTILIÍ

Termofyziologický komfort oděvu lze hodnotit několika možnými způsoby. Můžeme jej hodnotit za pomoci přístrojů, které dokáží změřit přenos vlhka a tepla za podmínek blízkých režimu lidského těla. Tento postup je běžnější, neboť umožňuje věrnější hodnocení podmínek: pokožka – oděv – prostředí. Dále se hodnotí na přístrojích, které měří jen určitý fyzikální děj, ale bez jakýchkoli vztahů platících pro systém pokožka – oděv – prostředí.

Některé metody hodnocení termofyziologického komfortu textilií [9]:

1.3.1 Gravimetrická metoda

Gravimetrická metoda zjišťuje propustnost vodních par podle normy ČSN 80 0855. Tato metoda spočívá v upevnění kruhového vzorku textilie na misku, která obsahuje silikagel. Vzorek se váží dvakrát před expozicí a po šestihodinové expozici. Měření probíhá v klimatizační skříni za teploty $20 \pm 2^\circ\text{C}$, relativní vlhkosti $60 \pm 2\%$ a maximálního proudění vzduchu 0,2 m/s. Nevýhodou této metody je nízká přesnost a zdlouhavost měření.

1.3.2 Metoda DREO

Je metoda, kde je vzorek umístěn mezi dvě polopropustné vrstvy. Pod spodní vrstvou, která chrání vzorek před kapalinou, se nachází voda a vrchní vrstvou, která brání vzorek před průnikem vzduchu, proudí suchý vzduch. Odpaření vody se odečítá na stupnici skleněné kapiláry. Měření trvá 15 minut.

1.3.3 Permetest

Tato metoda je založena na přímém měření tepelného toku q , který prochází porézním povrchem modelu lidské pokožky. Tento povrch je zvlhčován a simuluje ochlazování pocením. Vzorek je umístěn na porézní povrch přes separační folii, kde je ofukován.

Skin model (neboli měřicí hlavice) je při měření výparného odporu a paropropustnosti udržována na teplotě okolního vzduchu 20-23°C. U každého vyhodnocování je nutné měřit nejprve bez vzorku a poté se vzorkem. Hodnota výparného tepelného toku, která je měřena speciálním snímačem, je přímo úměrná paropropustnosti textilie nebo nepřímo úměrná výparnému odporu textilie. Chceme-li měřit tepelný odpor textile, je nutné udržovat hlavici suchou o teplotě 10-20 °C vyšší, než je teplota okolního vzduchu.

Výhodou tohoto přístroje je krátká doba měření a možnost měření při jakýchkoli běžných klimatických podmínkách.

1.3.4 Potící torzo

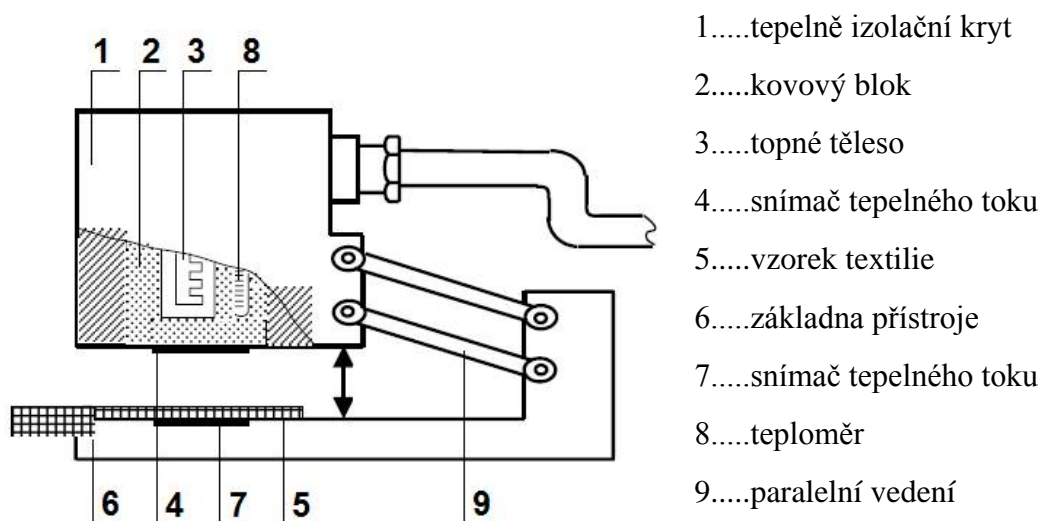
Potící torzo patří do nových principů hodnocení textilií. Hodnotí termofyziologický komfort za podmínek blízkých lidskému tělu. Jde o válec, který simuluje trup lidského těla za pomoci jednotlivých vrstev materiálů. Tyto materiály napodobují vrstvy lidského těla a jsou vyrobeny z materiálů, které jsou podobné tepelnou vodivostí a tepelnou kapacitou. Válec je ohříván na teplotu lidského těla za pomoci topných fólií a obsahuje 36 potních trysek. Torzo je umístěno v klimatické komoře, kde je vystaveno proudu vzduchu o rychlosti 2 m/s. Měření je rozděleno do několika fází různé lidské zátěže a trvá 4 hodiny. Na povrchu torza jsou umístěny zkoušené vzorky. Pomocí vah, na kterých potící torzo stojí, zaznamenáváme množství odpařené vody.

1.3.5 Alambeta

Alambeta na Obr. 1.3 je přístroj, který měří tepelně-izolační vlastnosti textilií, dynamické vlastnosti textilií a tloušťku materiálu h . K tepelně izolačním vlastnostem patří tepelný odpor r a tepelná vodivost λ . Do dynamických vlastností, které zde můžeme naměřit, spadá tepelná jímavost b , tepelný tok q . Alambeta je poloautomatický přístroj a je schopen vyhodnocovat statistické hodnoty z naměřených údajů. Vlastní

měření trvá v rozmezí 3 – 5 min. Můžeme zde měřit tepelné vlastnosti tkanin i pletenin. Podstatou této zkoušky je průchod tepelných toků (q_1 , q_2) skrze povrch vzorku od neustáleného k ustálenému stavu. Kontaktní měřicí plocha udržuje konstantní teplotu 35°C , která odpovídá teplotě lidské pokožky.

Postup zkoušky dle *interní normy* [10]: Na spodní část přístroje, která je vyhřívána na teplotu okolí, se položí měřený vzorek. Vyhřívaná hlavice o teplotu 10°C vyšší než je teplota okolí, se spustí a snímače tepelného toku měří tepelné toky mezi jednotlivými povrchy. Současně je měřena i tloušťka materiálu h , jako vzdálenost měřících hlav. Součástí základny přístroje je termostát a teploměr. Součástí měřící hlavice je teploměr, topné těleso, termostát a tepelná izolace. Před vlastním měřením je nutné nechat nejprve klesnout měřící hlavici bez vložení vzorku, kdy se přístroj nastaví na tloušťku $h_0 = 0$.



Obrázek 1.3 Schéma přístroje Alambeta dle [10]

V následujících kapitolách jsou popsány parametry, které lze naměřit na přístroji Alambeta [9] [10]:

1.3.5.1 Tloušťka materiálu

Tloušťka materiálu h [mm] je měřena jako vzdálenost měřících hlav pomocí fotoelektrického senzoru.

1.3.5.2 Plošný odpor vedení tepla

Dle *interní normy* [10]: Plošný odpor r [$\text{W}^{-1}\text{K.m}^2$] je dán poměrem tloušťky materiálu h a měrnou tepelnou vodivostí λ [$\text{W.m}^{-1}\text{K}^{-1}$]. Platí že, čím je nižší tepelná vodivost, tím je vyšší tepelný odpor. Jednoduše řečeno jde o to, jaký odpor klade materiál proti průchodu tepla. Hodnotu udávanou přístrojem Alambeta je nutno dělit 10^3 . Kvalitní tepelnou izolaci charakterizuje nízká tepelná vodivost a vysoký tepelný odpor. Lze jej vypočítat dle toho vzorce (1):

$$r = \frac{h}{\lambda} \quad (1)$$

1.3.5.3 Měrná tepelná vodivost

Dle *interní normy* [10]: Součinitel teplené vodivosti λ [$\text{W.m}^{-1}\text{K}^{-1}$] představuje množství tepla, které proteče jednotkou délky za jednotku času a vytvoří rozdíl teplot 1K. S rostoucí teplotou teplotní vodivost klesá. Hodnotu udávanou přístrojem Alambeta je také nutno dělit 10^3 .

1.3.5.4 Tepelný tok

Tepelný tok q [W/m^2] udává množství tepla šířící se z hlavice přístroje o teplotě t_2 do textilie o počáteční teplotě t_1 za jednotku času. Platí, že (2)

$$q = b \frac{t_2 - t_1}{\sqrt{\pi} \cdot \sqrt{\tau}} \quad (2)$$

1.3.5.5 Měrná teplotní vodivost

Měrná teplotní vodivost a [m^2s^{-1}] podle *interní normy* [10]: vyjadřuje schopnost látky vyrovnávat teplotu. Čím vyšší je hodnota, tím rychleji textilie vyrovnává teplotu (teplotní rozdíly) při nestacionárním procesu. Hodnotu z přístroje Alambeta dělíme 10^6 . Podle vztahu (3):

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} \quad (3)$$

1.3.5.6 Tepelná jímavost

Tepelná jímavost b [$\text{W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$] dle *interní normy* [10]: charakterizuje tepelný omak a představuje množství tepla, které proteče při rozdílu teplot 1 K jednotkou plochy za jednotku času v důsledku akumulace tepla v jednotkovém objemu. Teplenou jímavost lze vyjádřit vztahem (4):

$$b = \sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot c} \quad (4)$$

Chladnějším materiálem hodnoceným hmatem je ten, který má větší hodnotu tepelné jímavosti (b).

1.4 VLASTNOSTI TVARU PLOŠNÝCH TEXTILIÍ

Jsou to parametry, které popisují a určují tvar plošné oděvní textilie. Jedná se o zvláštní skupinu vlastností, která ovlivňuje další vlastnosti jako, jsou např.: stálosti tvaru, propustnost, aj. Charakterizující parametry plošných textilií jsou: tloušťka a stlačitelnost, plošná měrná hmotnost, pórovitost, objemová měrná hmotnost a konstrukce plošné textilie. [3] [2]

1.4.1 Tloušťka a stlačitelnost

Tloušťka plošné textilie je definovaná jako vzdálenost mezi přitlačnou čelistí a podkladovou deskou tloušťkoměru. Na plošnou textilií působí přítlak 1kPa nebo nižší.

Stlačitelnost plošné textilie z [mm] vychází z měření při dvou různých tlacích (p_1 , p_2) a zjištění dvou odpovídajících tlouštěk (h_1 , h_2). Kde $p_2 > p_1$. Stlačitelnost lze definovat jako chování textilního materiálu při stlačování, jedná se o odezvu textilie na působící tlakové síly. Stlačitelnost je vyjádřena pomocí Sommerova vztahu (5). [11] [3] [12]

$$Z = \frac{h_1 - h_2}{\log p_2 - \log p_1} \quad (5)$$

1.4.1.1 Digitální tloušťkoměr SDL M034A

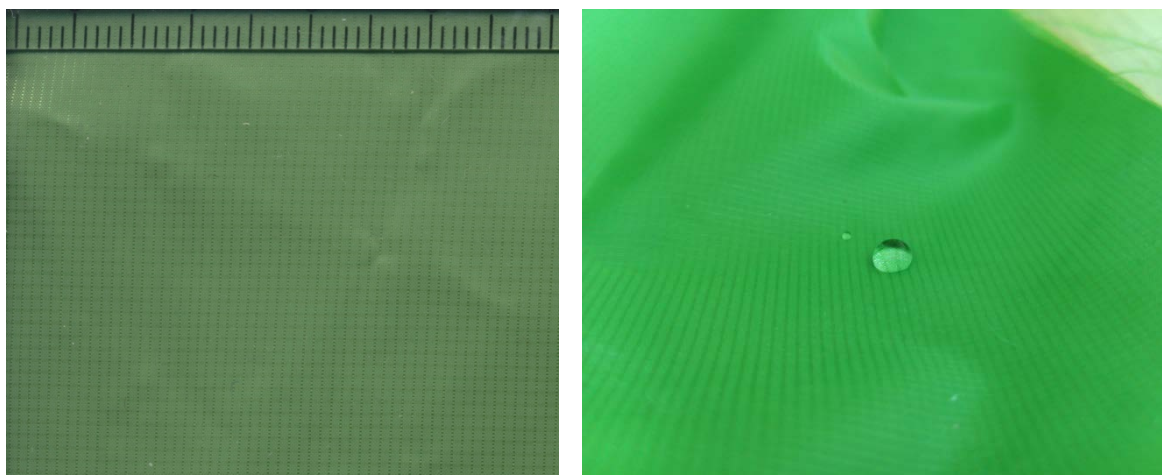
Tento přístroj je určen pro měření tloušťky plošných textilií. Jedná se o měření kolmé vzdálenosti mezi základní deskou, kde je vzorek umístěn a paralelním kruhovým přitlačným kotoučem. Tento kotouč vyvíjí přesný přítlak na zkoušený vzorek textilie. Tloušťkoměr je vybavený přitlačnou hlavicí 20 cm² a výměnnou hlavicí 100 cm². Přístroj je řízen pomocí počítačového softwaru, kde zpracovává výsledky a zobrazuje průběh vlastního měření. Tloušťku lze naměřit od 0,01 mm do 50,00 mm. Volitelným parametrem je také síla přítlaku, která se pohybuje v rozmezí od 1 do 200g. [11]

2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

2.1 VZORKY

Na tento experiment byla získána směsová výplň a vrchový materiál s vodoodpudivou úpravou, na Obr. 2.1, od firmy Direct Alpine s.r.o. Prachové peří z (nenošené) ochranné pokrývky hlavy zimní bundy značky Salewa. Polyesterová výplň byla opatřena z komerčně dostupných zdrojů a ručně drané husí peří z domácího chovu.

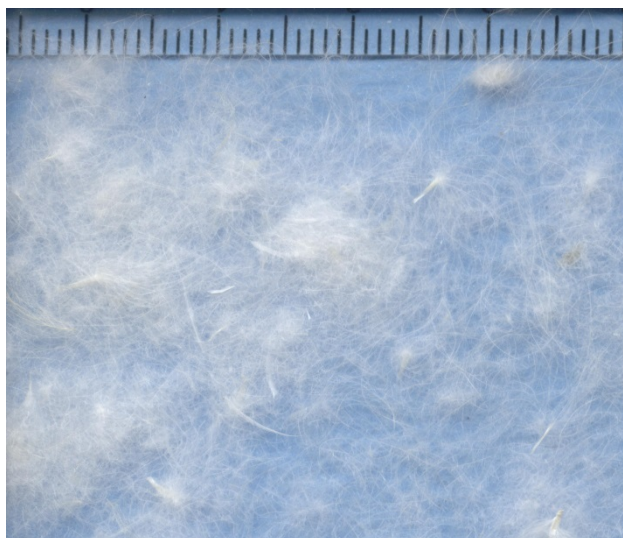
Tyto vzorky, kromě směsové výplně, byly vybrány z důvodu současného používání termo-izolačních výplní do zimních oděvů. Směsová výplň, která má být na základě naměřených výsledků zavedena do výroby, bude porovnávána se současnými výplňkovými materiály.



Obrázek 2.1 Fotografie vrchového materiálu a důkazu vodoodpudivé úpravy

2.1.1 Směsová výplň

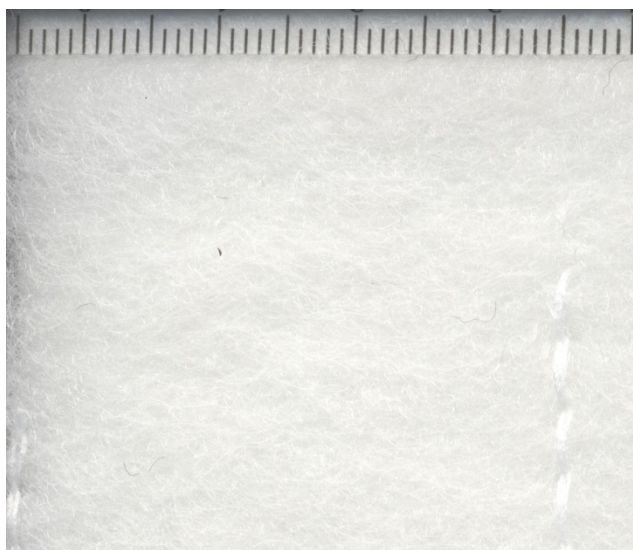
Jedná se o výplň firmy PrimaLoft. Směs je tvořena z 60% bílého kachního prachového peří s procentním obsahem prachových částic k malým pružným pírkům 90/10, plnivostí 650 cuin a 40% matovaného polyesteru (s kruhovým průřezem). Tato směs má vodoodpudivou úpravu. Viz Obr. 2.2 Fotografie směsového materiálu ze scanneru v milimetrovém měřítku.



Obrázek 2.2 Fotografie směsového materiálu „PrimaLoft Silver Insulation Down Blend“.

2.1.2 Polyesterová výplň

Jedná se o prošívání 100% polyesterový vatelín s gramáží 150 g/m^2 . Ve kterém se nachází směs plných a dutých matovaných vláken. Průměrná hodnota průměru plných vláken je $26,04 \text{ }\mu\text{m}$. Dutá vlákna mají průměrnou hodnotu průměru vlákna $32,44 \text{ }\mu\text{m}$ s průměrem dutiny $15,46 \text{ }\mu\text{m}$. Výška vatelínu v nestlačeném stavu je zhruba 7mm. Výplň byla zakoupena v komerčně dostupném kamenném obchodě (na Obr. 2.3).



Obrázek 2.3 Fotografie polyesterové prošívané výplně (v milimetrovém měřítku)

2.1.3 Prachové peří

Toto prachové peří z ochranné pokrývky hlavy zimní bundy Salewa obsahuje dle štítku o materiálovém složení 80% šedého kachního prachového peří a 20% malých pírek s brky. Na Obr. 2.4 je možné vidět tento výplňkový materiál.



Obrázek 2.4 Fotografie výplně prachového peří (v milimetrovém měřítku)

2.1.4 Drané peří

Ručně drané husí peří se běžně jako výplň do zimních oděvů nepoužívá. Je do této kategorie zařazeno k porovnání s prachovým peřím a směsovým výplňkovým materiálem. Použité husí peří na Obr. 2.5.

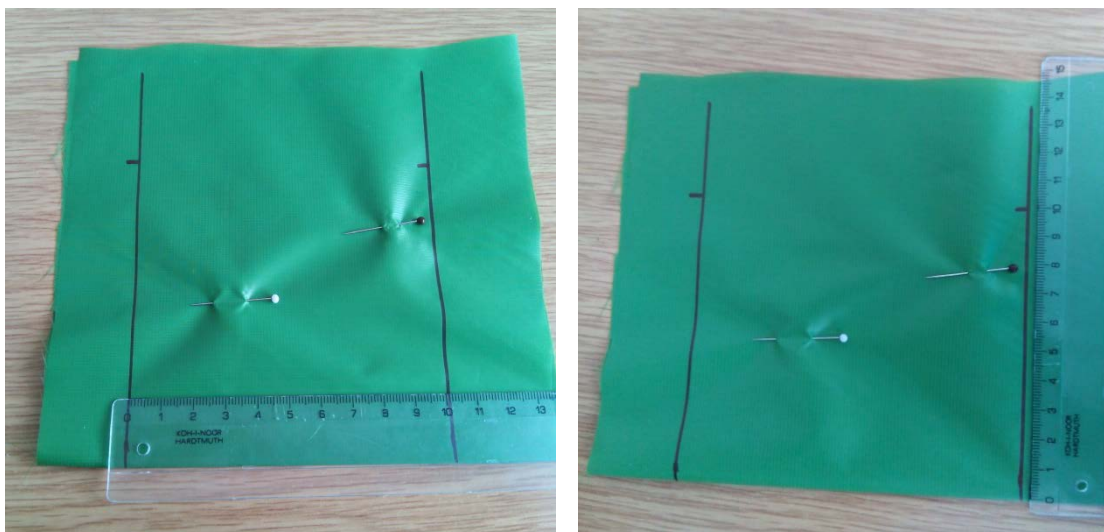


Obrázek 2.5 Fotografie draného husího peří pod scannerem (v mm měřítku)

2.2 PŘÍPRAVA VZORKŮ

Z vrchového materiálu byly našity polštářky (na Obr. 2.6) o hmotnosti cca jednoho gramu a o velikosti 10x10 cm, které byly plněny čtyřmi gramy zmíněných výplňkových materiálů. Zvolené 4 g výplňkového materiálu se odhadem nejvíce blížily hmotnosti výplní zimních bund. Celková hmotnost vzorků je tedy 5g. Tato velikost a hmotnost byla určena proto, aby naměřené vzorky bylo možné mezi sebou porovnávat.

Od každé výplně, kromě prachového peří, bylo ušito 10 vzorků (polštářků). Vzhledem k malému množství prachového peří, bylo možné ušít pouze sedm vzorků. K měření tedy bylo k dispozici celkem 38 vzorků o velikosti 10x10 cm a hmotnosti 5g.



Obrázek 2.6 Fotografie přípravy vzorků

2.3 STANOVENÍ TEPELNÉHO ODPORU VZORKŮ PŘED SMOČENÍM A PO USUŠENÍ

Tepelný odpor vzorků, před smočením a po usušení, byl měřen na přístroji Alambeta, který je detailně popsán v teoretické části této práce. Měření se uskutečnilo na Katedře hodnocení textilií Textilní fakulty Technické univerzity v Liberci, které probíhalo v klimatizované místnosti za stacionárních podmínek:

- Teplota vzduchu: 24,1 °C
- Vlhkost vzduchu: 28 %



Obrázek 2.7 Fotografie měření tepelného odporu na vzorcích

Tepelný odpor byl měřen (viz. Obr. 2.7) na všech vzorcích za přítlaku 200 Pa a 1000 Pa. Provádělo se měření před smočením vzorků za obou zmíněných přítlaků. Dále byly naměřeny vzorky po usušení za obou přítlaků. Sušení neprobíhalo standardně v laboratorních sušárnách, ale simulovalo běžné pozvolné sušení v domácnostech.

Poslední měření tepelného odporu se uskutečnilo za přítlaku 200 Pa na vysušených vzorcích, které byly stlačeny pouze na 80% jejich výšky (na Obr. 2.8). Dle ústního sdělení od Prof. Hese dvacetiprocentní komprese simuluje reálné stlačení zimního oděvu při nošení. Ke stlačení bylo nutné vyrobit pro každý výplňkový materiál různé podpěry díky rozdílné tloušťce materiálu. Tyto podpěry byly zbroušeny, s přesností na milimetry, ze zbytku chemické pryskyřice na požadovanou 80% výšku vzorku. Ta byla vypočítána z průměrných výšek vzorků před stlačením.



Obrázek 2.8 Fotografie měření tepelného odporu za 20% stlačení s podpěrami

2.3.1 Postup měření

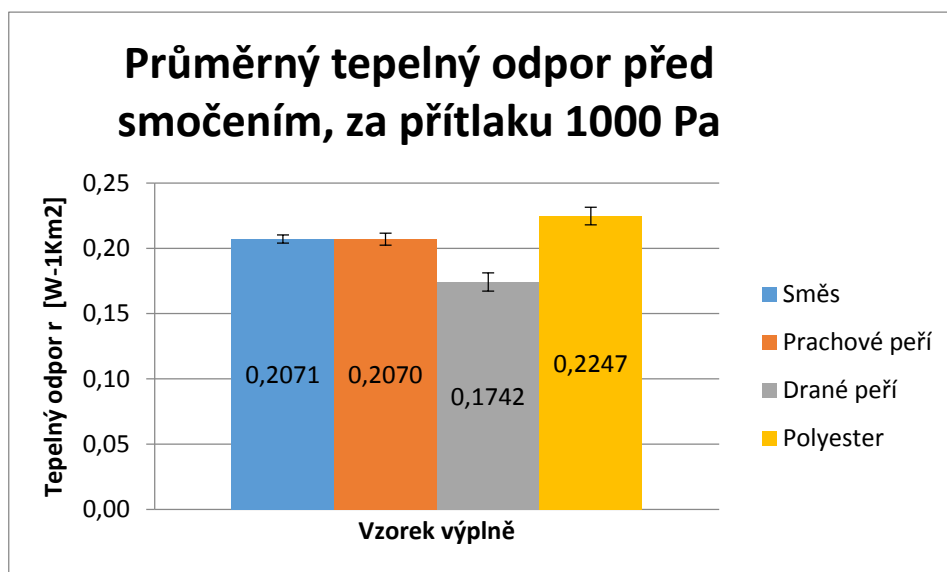
Po zapnutí přístroje bylo na začátku vlastního měření nutné, nechat ohřát hlavici zhruba na obvyklých 35 °C, které simulují teplotu lidského těla. Po zahřátí přístroje se měřicí hlavice samovolně spustila a byla nastavena tloušťka $h_0=0$. Vzorek byl vložen na spodní kruhovou část přístroje. Po stisknutí tlačítka ST bylo zahájeno měření, které trvalo za sucha v rozmezí 2 – 3 min, za mokra v rozmezí 4 – 6 min. Proces měření probíhá tak, že měřicí hlavice sjede za nastaveného přítlaku, kde se dotýká povrchu vzorku, když je měření dokončeno hlavice vyjede nahoru a na displeji se zobrazí výsledné hodnoty. Tlačítkem EN bylo možné naměřená data ukládat do statistiky. V naměřených hodnotách přístrojem, byla možnost listování tlačítkem RL. Hodnoty naměřené na přístroji je nutné dělit 10^3 . Stejným postupem následovalo měření všech vzorků. [10]

Na každém vzorku byla provedena čtyři měření. K porovnání byly vybrány hraniční (krajní) přítlaky i stavy vzorků.

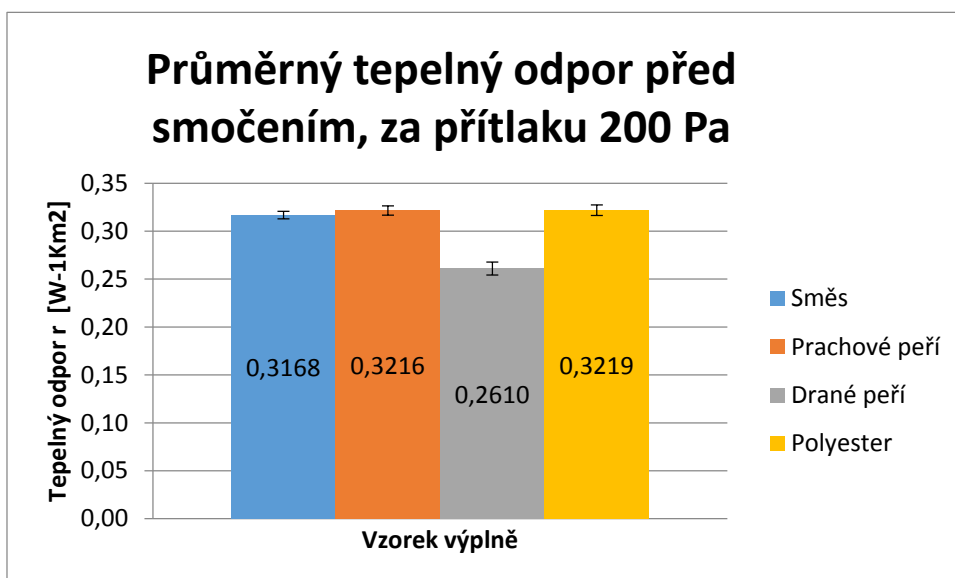
2.3.1.1 Výsledky tepelného odporu před smočením a po usušení

Výsledky toho měření zobrazují grafy 1 až 5 níže. Tyto grafy porovnávají průměrný tepelný odpor za hraničních podmínek a za dvou různých přítlaků. Z grafů je

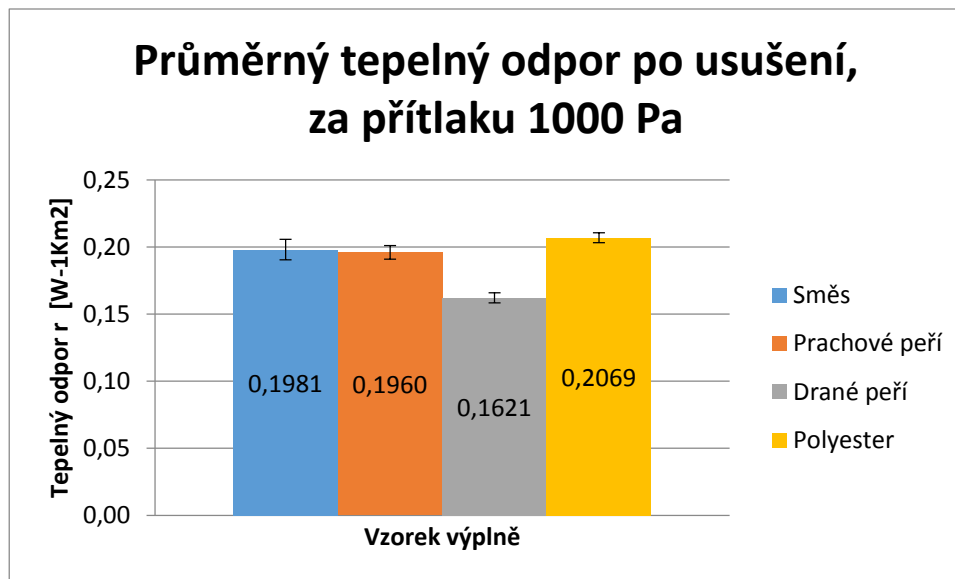
patrné, že měřené výplně, jako směsový materiál, prachové peří a polyesterová výplň před smočením a po usušení, si jsou tepelně-izolačními vlastnostmi podobné. Výrazně se však liší drané peří, které s očekáváním nemá tak dobré tepelně-izolační vlastnosti jako ostatní měřené výplně a to díky malému obsahu prachových částic a velkému zastoupení peří s brky. Výsledky tepelného odporu za dvacetiprocentního stlačení lze vidět na grafu 5., kde má výrazně nejlepší výsledky prachové peří, dále polyester, směsová výplň a v poslední řadě drané peří.



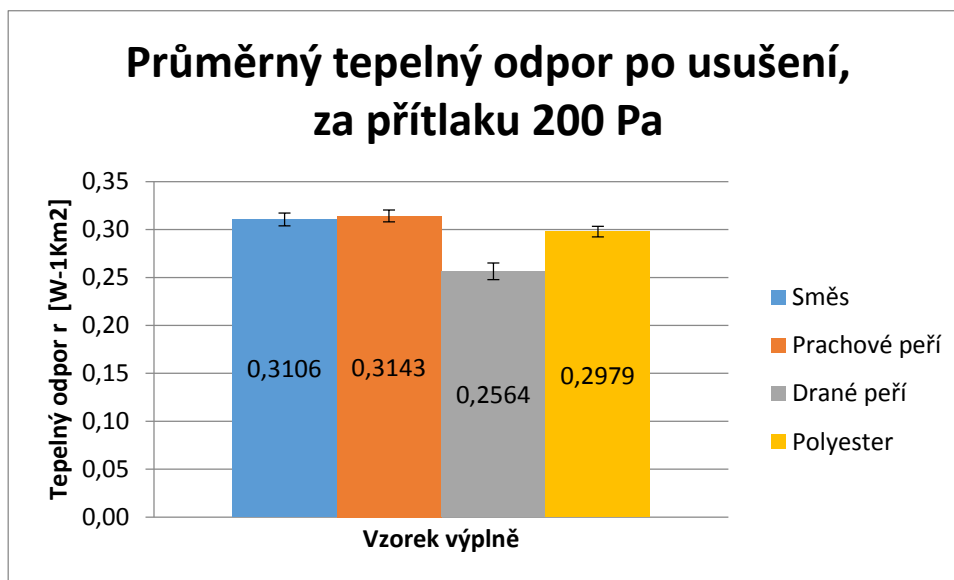
Graf 1: Graf průměrného tepelného odporu před smočením výplní (vzorků) za přítlaču 1000 Pa



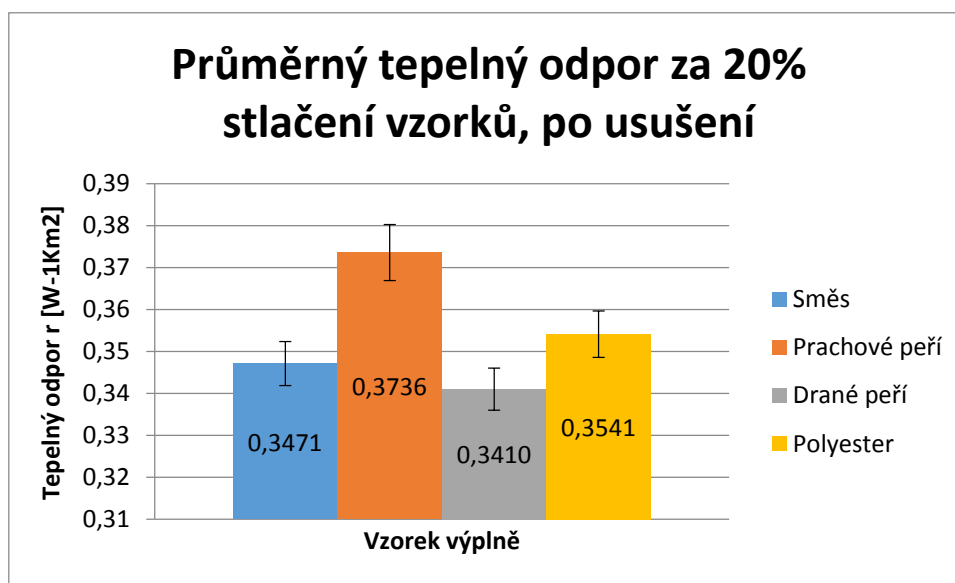
Graf 2: Graf průměrného tepelného odporu před smočením výplní (vzorků) za přítlaču 200 Pa



Graf 3: Graf průměrného tepelného odporu výplní po usušení, za přítlaku 1000 Pa



Graf 4: Graf průměrného tepelného odporu výplní po usušení za přítlaku 200 Pa



Graf 5: Graf průměrného tepelného odporu za 20% stlačení, za přítlaku 200 Pa

2.4 STANOVENÍ TEPELNÉHO ODPORU VZORKŮ ZA MOKRA

Tato část experimentu představuje, jak prostupuje tepelný odpor termoizolačních výplňkových materiálů za mokra (za přirozeného mokra, např. když člověk zmokne). Smáčení vzorků se uskutečnilo v laboratoři na Katedře materiálového inženýrství. Samotné měření tepelného odporu za mokra bylo provedeno na přístroji Alambeta pouze za přítlaku 1000 Pa, které probíhalo za těchto stacionárních podmínek:

- Teplota vzduchu: 25,5 °C
- Vlhkost vzduchu: 37 %

2.4.1 Příprava vzorků ke smáčení

Před vlastním měřením bylo nutné vzorky smočit v lázni smáčedla a vody. Použitým smáčedlem byl Alteran S8 v množství 1g smáčedla na litr vody, který se používá ke zlepšení smáčecího procesu. Vzorky do lázně byly ponořeny a následně přitlačeny pomocí velké Petriho misky, z důvodu povrchové vodoodpudivé úpravy vrchového materiálu by na hladině plavaly. Vzorky byly smáčeny po dobu 10 minut. Ukázka smáčení vzorků na Obr. 2.9.



Obrázek 2.9 Fotografie vzorku v lázni před a po smočení

2.4.2 Postup měření

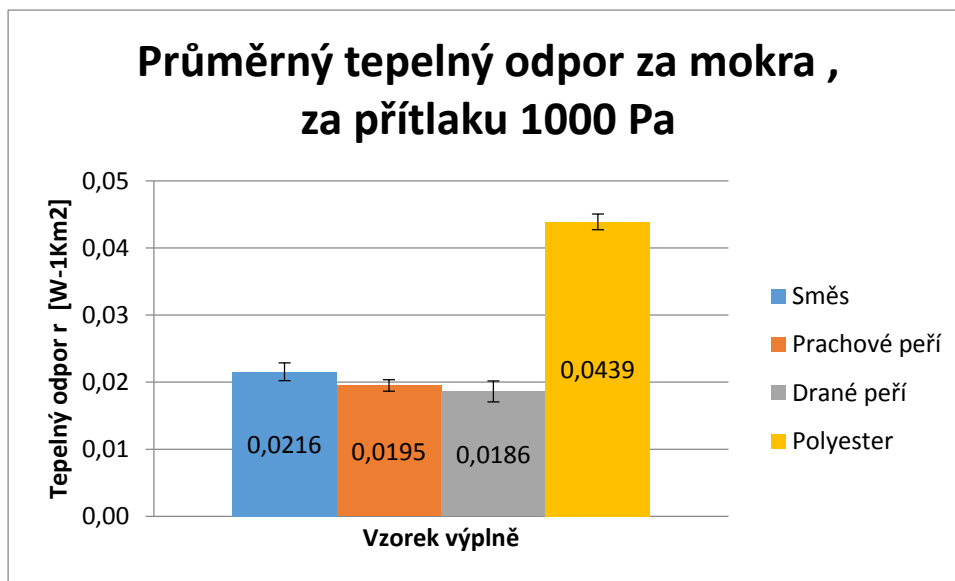
Po uplynutí deseti minut byl vzorek vyndán z lázně. Každý vzorek byl nejprve jednotlivě ručně ždímán. Poté následovalo ždímání pomocí ručního válečku. Tento způsob ždímání byl unifikován alespoň shodným počtem ždímání vzorku a to 10 x na lícové straně vzorku a 10 x na rubové straně vzorku. Po této části následovalo vážení vzorku po od-ždímání a měření na Alambetě, které probíhalo stejně jako měření za sucha. Měření za mokra se nekonalo současně za obou přítlaků. Opakované měření nebylo možné z důvodu ztracení vlhkosti a následné nesrovnatelnosti výsledků. Měření se tedy opakovalo třikrát a to za přítlaku 1000 Pa, 200 Pa a za dvacetiprocentního stlačení. Výsledné hodnoty naměřené na Alambetě bylo nutné vydělit hodnotou 10^3 .

2.4.2.1 Výsledky tepelného odporu za mokra

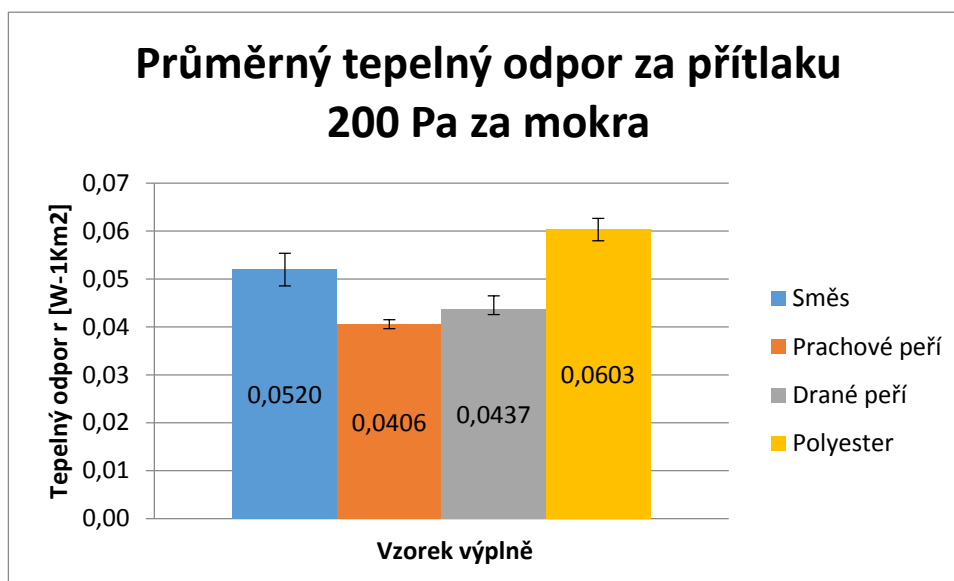
Výsledky průměrného tepelného odporu za mokra je možné vidět na grafech 6 až 8. Vzorky obsahující peří, měřené za vyššího přítlaku (za mokra), mají podobný tepelný odpor. Naopak polyester měřený za přítlaku 1000 Pa (za mokra) má výrazně lepší výsledky než ostatní měřené výplně a to díky nízké navlhavosti vláken a tuhosti materiálu. V grafu 7 lze vidět zlepšení tepelného odporu u směsové výplně víc než o polovinu za nižšího přítlaku. Avšak nejlepší tepelný odpor za přítlaku 200 Pa je zaznamenán opět u polyesterové výplně, následuje směsová výplň, drané a prachové peří. Téměř vyrovnané výsledky polyesterové a směsové výplně můžeme vidět na grafu 8. Jedná se o měření za 20% stlačení za mokra. Nižší hodnoty byly naměřeny na draném a prachovém peří. Hodnoty se však nelišily o tolik, jako za vyššího přítlaku.

Mokrý přívažek U [%] byl zjišťován pomocí vzorce (6), který slouží k procentuálnímu určení obsahu vody ve výsledných hodnotách tepelného odporu měřených za mokra. Kde m_m je hmotnost mokrého vzorku v [g] a m_s hmotnost suchého vzorku v [g]. Smáčení vzorků bylo unifikováno dobou smáčení a počtem ždímání vzorků, jak je zmíněno v předchozí kapitole. Jedná se o charakteristickou vlastnost smáčivosti jednotlivých vzorků. Mokrý přívažek určuje, o kolik procent se navýšila hmotnost vzorku po smočení. U směsové výplně činil mokrý přívažek nejvyšší průměrnou hodnotu 179,6%. Druhý nejvyšší mokrý přívažek byl vypočten u polyesterové výplně s průměrnou hodnotou 150,4%. Dále následovalo drané peří s průměrnou hodnotou 142,2% a prachové peří s nejmenším procentuálním mokrým přívažkem 138,4%. Výsledná tabulka hodnot v příloze 8.

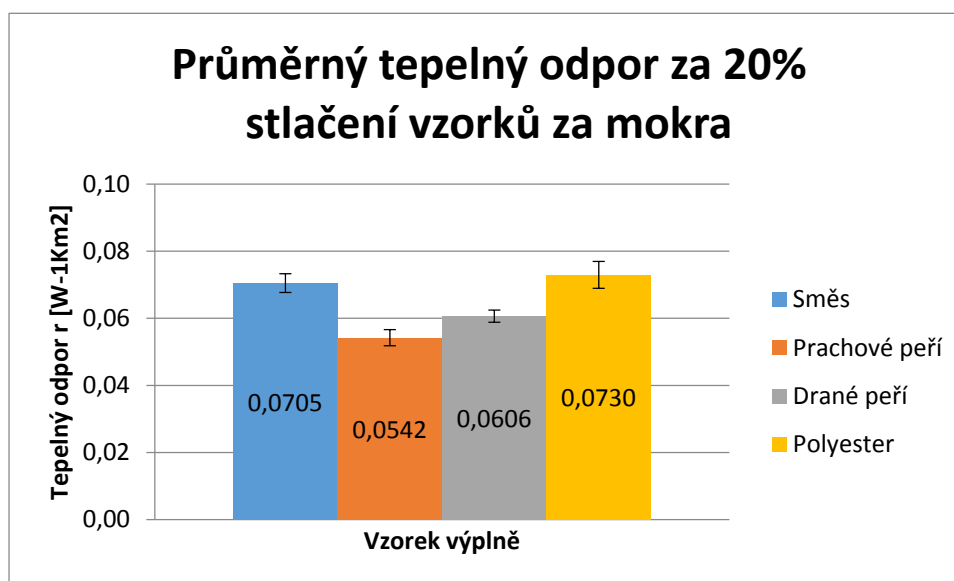
$$U = \left(\frac{m_m - m_s}{m_s} \right) \cdot 100 \quad (6)$$



Graf 6: Graf průměrného tepelného odporu výplní za mokra, za přítlaku 1000 Pa



Graf 7: Graf průměrného tepelného odporu výplní měřený za mokra, za přítlaku 200 Pa



Graf 8: Graf průměrného tepelného odporu za 20% stlačení vzorků za mokra

2.5 STANOVENÍ TLOUŠŤKY VZORKŮ

Tloušťka vzorků byla stanovena na digitálním tloušťkoměru SDL M034A v laboratoři Katedry oděvnictví, který je ovládán pomocí počítačového softwaru. Na

přístroji Alambeta lze také měřit tloušťku, ale tento přístroj je spíše určen pro plošné textilie. Hodnoty tloušťky polštářků na Alambetě se za nižšího přitlaku nezobrazovaly.

Tloušťka byla tedy měřena za třech stavů vzorků, stejně jako u měření tepelného odporu (před smočením, za mokra a po usušení). K tomuto měření byla použita přítlačná hlavice o velikosti 20 cm², která měřila tloušťku za dvou hraničních přitlaků 1000 Pa a přitlaku 100 Pa.

2.5.1 Postup měření

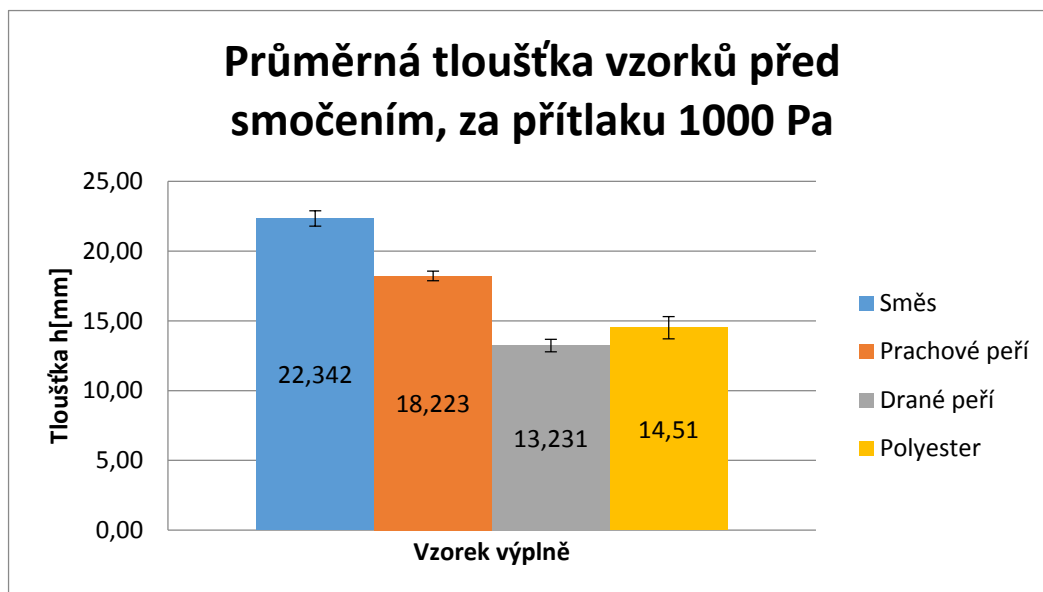
Po zapnutí počítače a tloušťkoměru se zobrazilo na monitoru počítače menu, kterým bylo zahájeno každé měření. Nejprve bylo nutné přístroj kalibrovat a následně zvolit jednotky pro zatížení (Pa) a tloušťku (mm). Dále se nastavovaly volby cesty pro ukládání naměřených dat (velikost přitlaku a velikost přítlačné plochy). Poté bylo na řadě nadzvednutí přítlačné hlavice pomocí dvoupolohového tlačítka umístěného na přístroji a vložení vzorku na spodní kruhovou část přístroje. Jelikož každý vzorek má svoji hmotnost, bylo nutné tuto hodnotu vynulovat pomocí otočného knoflíku na tloušťkoměru zobrazující se na obrazovce monitoru. Stisknutím mezerníku se tato vynulovaná hodnota aktivovala a bylo možné začít měřit tloušťku. Tloušťka se měřila spouštěním přítlačné hlavice, která byla ovládána dvoustupňovým tlačítkem s pomalým a rychlým chodem přitlaku. Na obrazovce monitoru se zobrazovala hodnota přitlaku, do kterého měl být vzorek zatížen. Tato hodnota byla buď 20g pro přitlak 100 Pa nebo 200g pro přitlak 1000 Pa. Po dosažení požadovaného přitlaku se zobrazila tloušťka, která byla potvrzena nebo odmítnuta a následně zařazena do statistiky. Takto se opakovalo měření u každého vzorku. [11]

U měření tloušťky za mokra bylo nutné ochránit přístroj před vodou. Každý měřený vzorek byl vložen do nepropustného igelitového sáčku. Tloušťka sáčku byla změřena před vlastním měřením a při zpracování dat následně odečtena od výsledných hodnot.

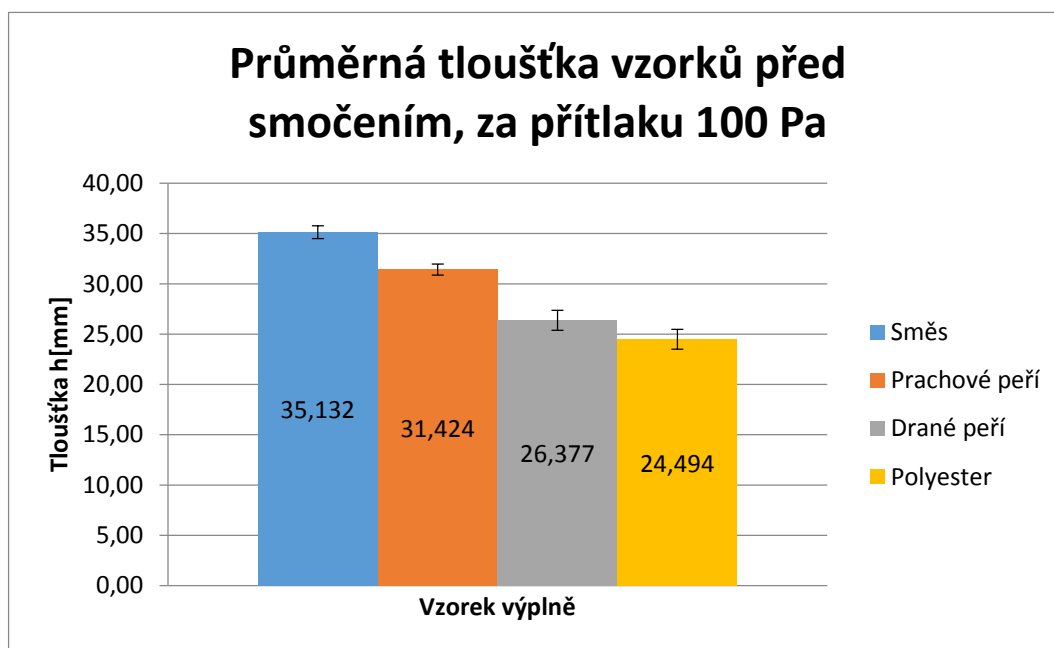
2.5.1.1 Vyhodnocení tloušťky vzorků

Průměrné výsledky tloušťky vzorků lze vidět na grafech 9 až 14. U měření tloušťky vzorků před smočení vyšly hodnoty za obou přitlaků u směsové výplně nejlépe. Druhou nejlépe vyhodnocenou výplní je prachové peří. Dranové peří s polyesterem se střídá na třetím a čtvrtém místě dle přitlaků. Tloušťka za mokra vyšla,

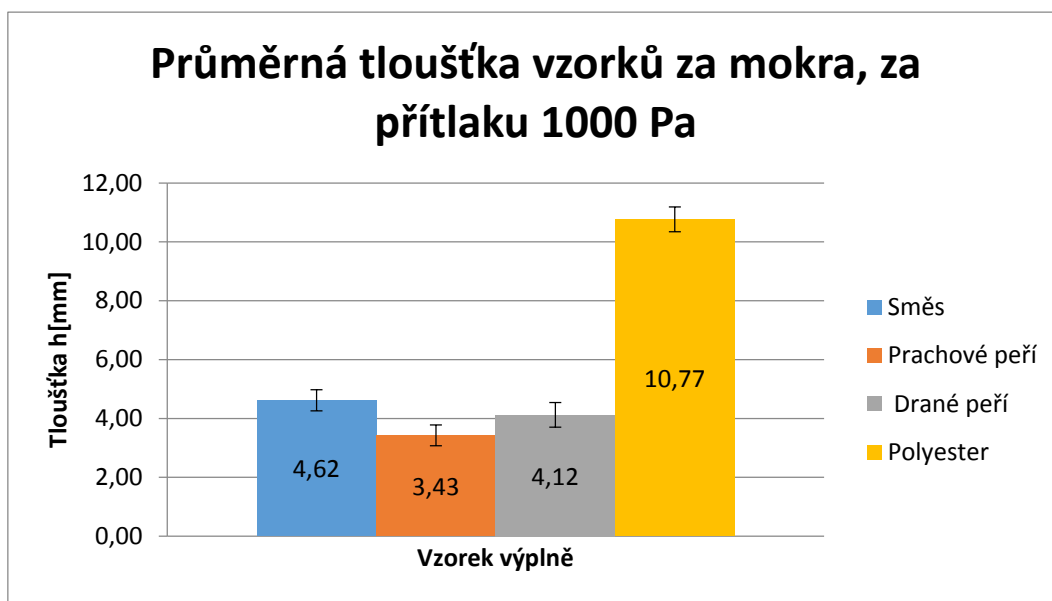
stejně jako u měření tepelného odporu za mokra pro polyesterovou výplň nejlépe, díky výše zmíněné nízké navlhavosti a tuhosti vláken. Poslední měření ukazuje výsledky po usušení vzorků. Všechny tyto naměřené tloušťky vykazují, snížení výšky všech vzorků po smočení, kromě draného peří. Tyto hodnoty vyšly optimálně pro prachové peří, dále pro směsový výplňkový materiál a v poslední řadě pro drané peří a polyesterovou výplň.



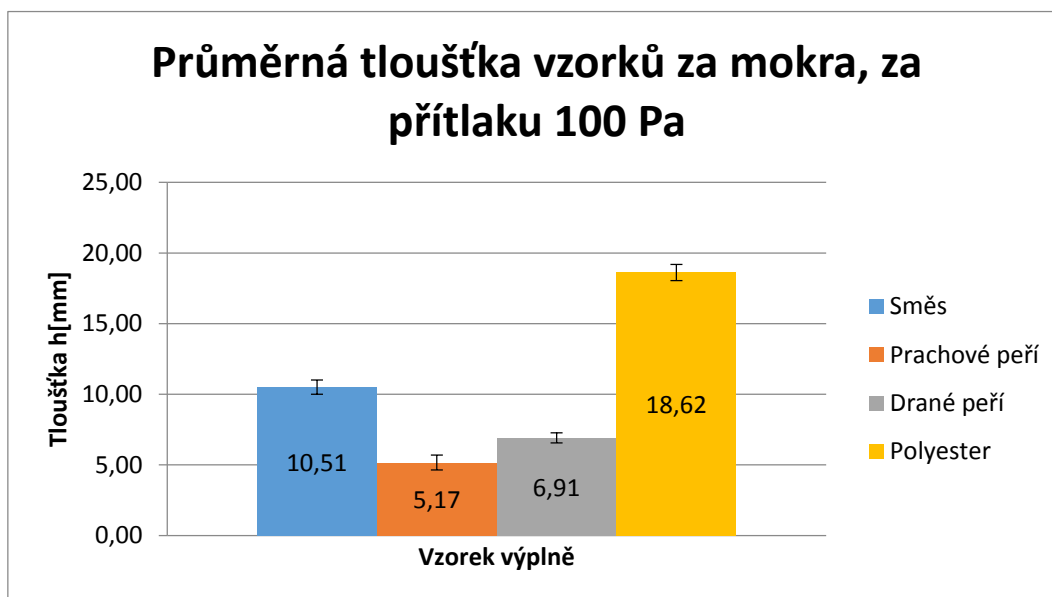
Graf 10: Graf průměrné tloušťky vzorků před smočením, za přítlaku 1000 Pa



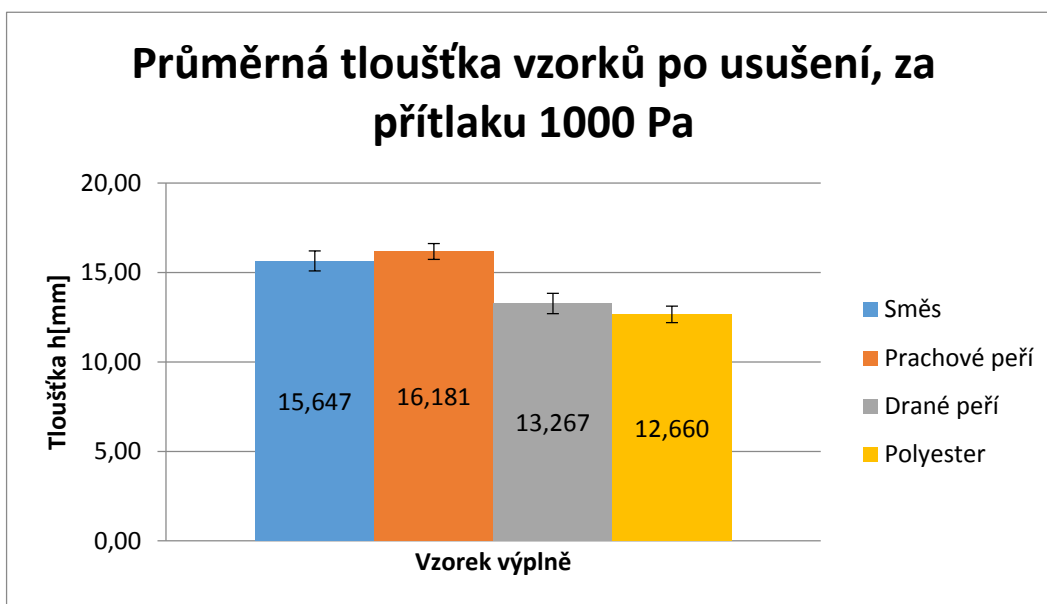
Graf 9: Graf průměrné tloušťky vzorků před smočením, za přítlaku 100 Pa



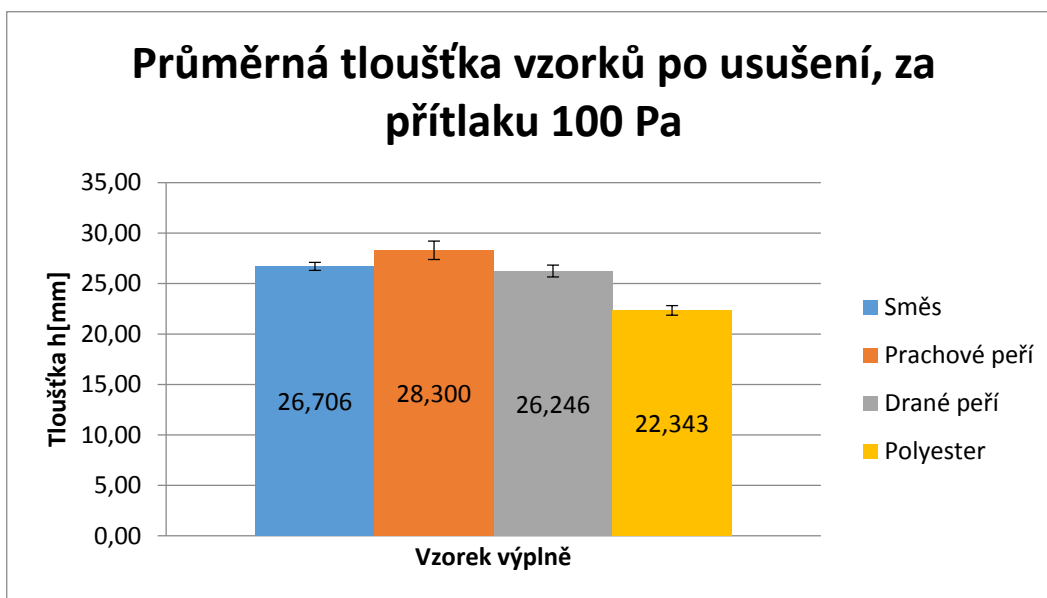
Graf 11: Graf průměrné tloušťky vzorků za mokra, za přítlaku 1000 Pa



Graf 12: Graf průměrné tloušťky vzorků za mokra, za přítlaku 100 Pa



Graf 13: Graf průměrné tloušťky vzorků po usušení, za přítlaku 1000 Pa



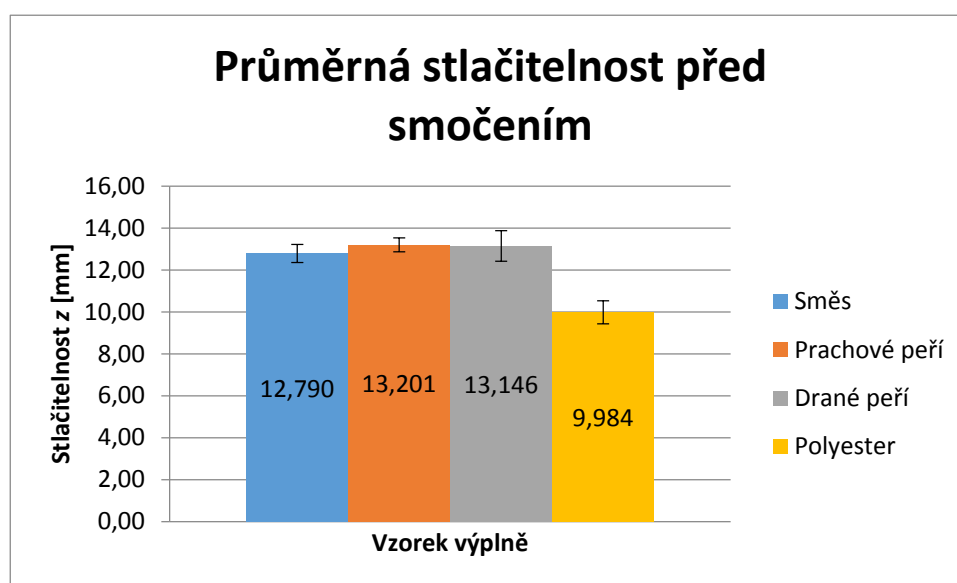
Graf 14: Graf průměrné tloušťky vzorků po usušení, za přítlaku 100 Pa

2.6 STANOVENÍ STLAČITELNOSTI VZORKŮ

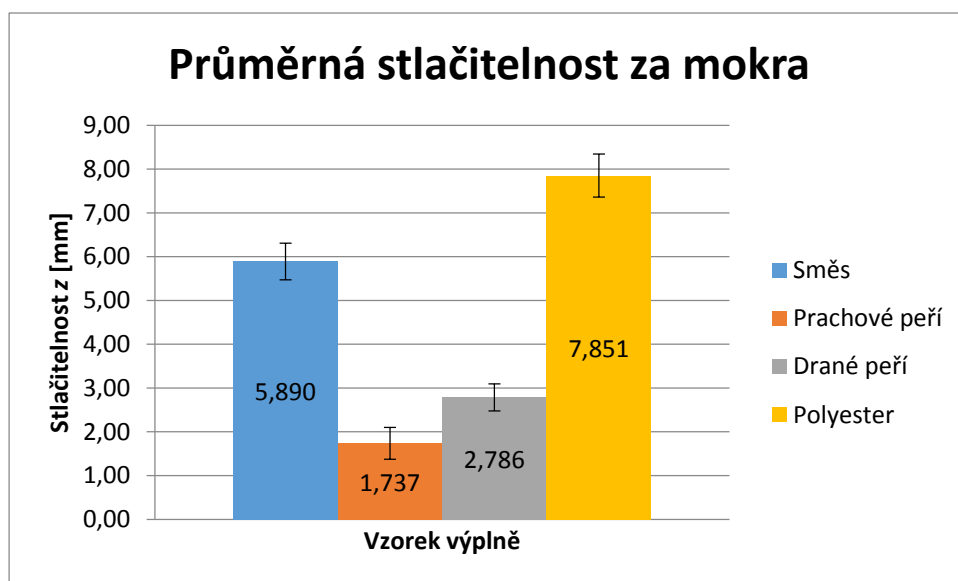
Stlačitelnost vzorků z [mm] byla stanovena pomocí vztahu (5). Vychází z měření při dvou různých tlacích (p_1 , p_2) a zjištění dvou odpovídajících tloušťek (h_1 , h_2). Jak již bylo zmíněno v teoretické části této práce. Nejprve byla změřena tloušťka všech vzorků před smočením, za mokra a po usušení za dvou přítlaků 100 Pa a 1000 Pa. S takto naměřenými hodnotami bylo možné dále vypočítat stlačitelnost. Tato vlastnost je důležitá pro dobré tepelně-izolační vlastnosti. Čím větší tepelně-izolační vlastnosti požadujeme, tím tato hodnota musí být menší. Naopak k pohodlnému složení je důležitá větší stlačitelnost tedy vyšší hodnota stlačitelnosti.

2.6.1 Vyhodnocení stlačitelnosti vzorků

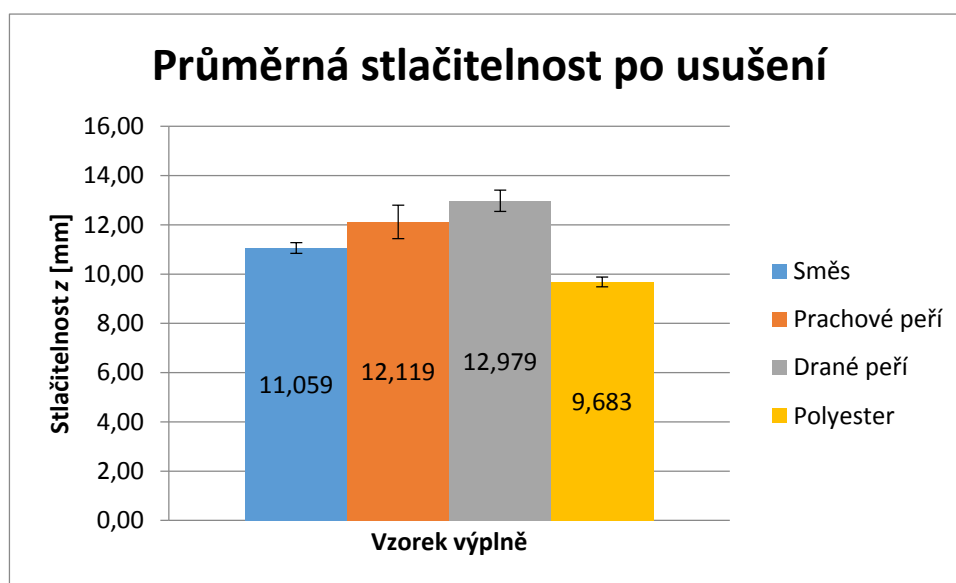
Výsledky stlačitelnosti lze vidět v grafech 15 – 18. Stlačitelnost před smočením vyšla dle grafu 15 pro vzorky obsahující peří podobně, nejlépe však vyšlo prachové peří, drané peří a směsová výplň. Nejmenší stlačitelnost měla polyesterová výplň. V grafu 16 stlačitelnosti za mokra vidíme, že zdaleka nejlepšího výsledku dosáhl polyester a následně směsová výplň, naopak drané a prachové peří vykazuje nejnižší hodnoty. Téměř vyrovnané hodnoty stlačitelnosti po usušení lze vidět na grafu 17. Tyto hodnoty oproti výsledkům před smočením klesly u všech výplní kromě polyesterové. Drané peří, prachové peří a směsová výplň mají nejvyšší téměř vyrovnané průměrné hodnoty. Nejnižší hodnotu, ale za to neměnnou oproti stlačitelnosti před smočením, vykazuje polyesterová výplň.



Graf 15: Průměrná stlačitelnost vzorků před smočením



Graf 16: Průměrná stlačitelnost vzorků za mokra



Graf 17: Průměrná stlačitelnost vzorků po usušení

3 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout a porovnat nejdůležitější vlastnosti zimních oděvů. Za nejdůležitější vlastnosti jsou považovány: tepelný odpor, tloušťka a stlačitelnost. Tyto parametry byly dále měřeny a navzájem mezi sebou porovnávány za různých podmínek a krajních stavů vzorků. Těmito krajními stavy je myšleno porovnávání jednotlivých výplní před smočením, za mokra a po usušení.

Většina naměřených hodnot tepelného odporu, zejména u prachového peří a polyesteru, jsou důkazem velmi dobrých výsledků z předešlých poznatků. Překvapivě výborných a téměř srovnatelných výsledků měření dosáhla směsová výplň. Za všech hraničních stavů (před smočením, za mokra a po usušení) i přítlaků (1000 Pa a 200 Pa) vzorků se pohybuje mezi prvními dvěma nejlépe hodnocenými výplňkovými materiály. Naměřené hodnoty se výrazně nelišily před smočením a po usušení. Pravděpodobně jsou velmi dobré výsledky způsobeny dokonalou kombinací přírodního a syntetického tepelně-izolačního materiálu. Tloušťka směsové výplně před smočením dosahovala nejvyšších hodnot a naopak po usušení překvapivě klesla na druhou pozici za prachové peří. Kladné výsledky, ale ne však nejlepší, měla tato výplň u stlačitelnosti. Ta se pohybovala mezi druhou a třetí nejvyšší vypočtenou hodnotou.

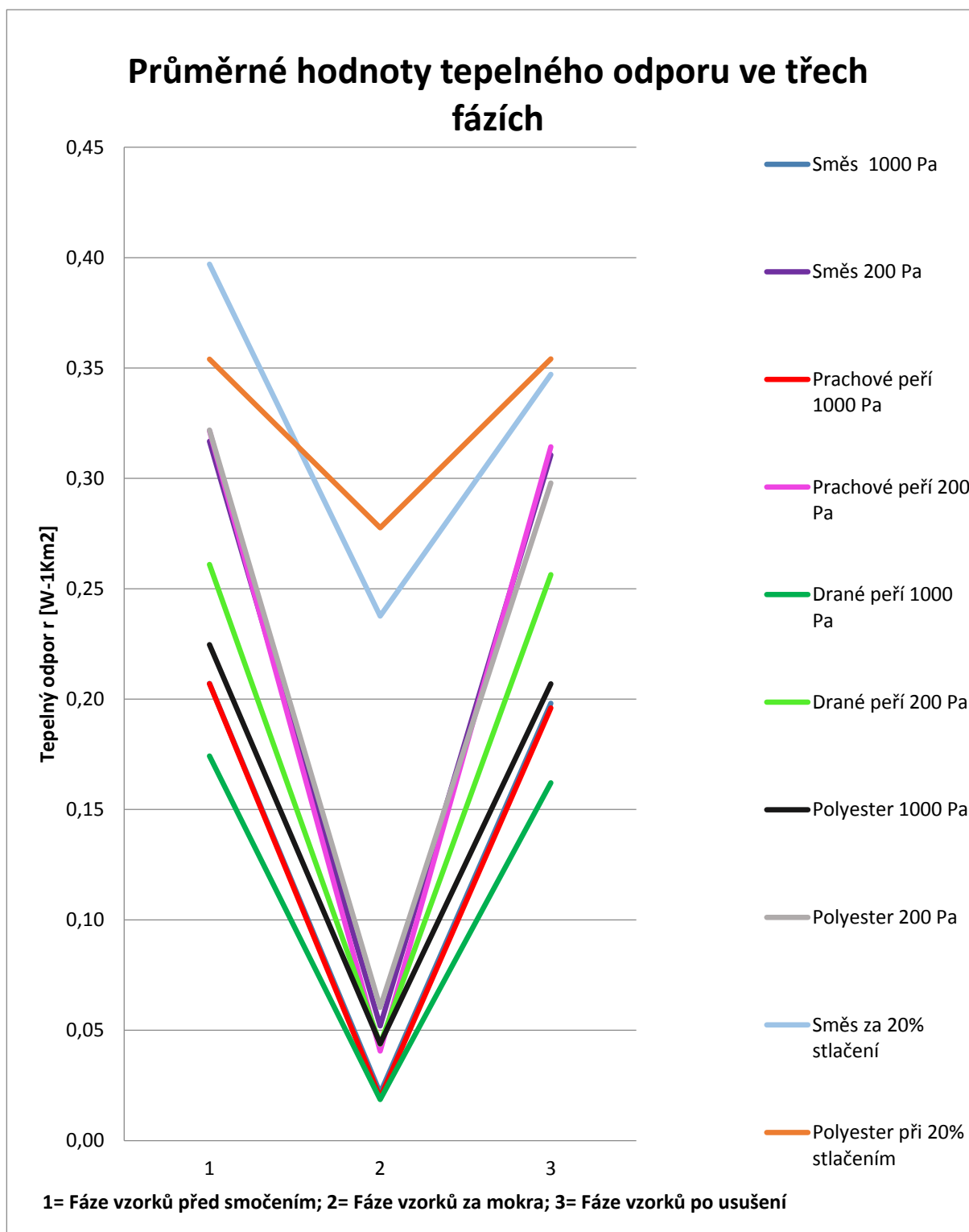
Prachové peří je známo svými vynikajícími tepelně-izolačními vlastnostmi. Tuto skutečnost se podařilo ověřit v měření tepelného odporu za dvacetiprocentního stlačení (po usušení), které simuluje reálné stlačení při nošení oděvu, kde měl tento výplňkový materiál nejlepší výsledky. Měření tepelného odporu (bez podpěr) za nižších přítlaků před smočením a po usušení zapříčinilo střídavé umístění na první a druhé pozici ze všech výplní. Naopak u vyšších přítlaků se prachové peří pohybovalo na posledních místech. Tloušťka prachové peří po usušení měla druhou nejvyšší hodnotu, naopak před smočením mělo nižší hodnoty a je situováno na předposlední pozici. Stlačitelnost tohoto výplňkového materiálu dopadla nejlépe ze všech porovnávaných materiálů.

Polyesterová výplň, díky velice dobrým naměřeným hodnotám se řadí mezi tyto výborné výplňkové materiály. Důvodem kladných výsledků tepelného odporu, především při měření tepelného odporu za mokra, je nejspíše směs dvou polyesterů klasického a dutého vlákna, ze kterého se měřená výplň skládá a také tuhost materiálu. Tepelný odpor této výplně se pohybuje na prvních místech především před smočením

vzorků a za mokra. Při hodnocení tloušťky dopadl polyester nejhůře ve fázích před smočením a po usušení. Polyesterová výplň má nejlepší výsledky za mokra u všech měřených parametrů. Stlačitelnost této výplně vykazuje nejnižší hodnoty. Sporné je to, že nízké hodnoty stlačitelnosti nelze považovat za špatné. Díky nízké stlačitelnosti může mít tento materiál lepší tepelně-izolační vlastnosti. Všechny takto naměřené hodnoty tepelného odporu můžeme vidět na grafu 18, který zobrazuje výplňkové materiály a jejich hodnoty ve třech fázích. Samotné drané peří se běžně do výplní zimních oděvů nepoužívá, bylo do této práce zařazeno k porovnání a zjištění skutečností o tomto „výplňovém“ materiálu, který se dříve ve větší míře používal spíše do příkrývek. Všechna měření po usušení vzorků vykazují nižší hodnoty tepelného odporu. Důvodem může být použité smáčedlo nebo postup sušení vzorků, které napodobovalo pozvolné sušení v domácnostech, kde vzorky nebyly načechrávány např. pomocí tenisových míčků, které se přidávají do bubnové sušičky k čechrání péřových výplní.

Dle naměřených výsledků lze říci, že nejlepší hodnoty tepelného odporu byly naměřeny (dle pořadí) na polyesterové výplni, směsové výplni, prachovém peří a draném peří. U parametru tloušťky nelze říci jednoznačně, která výplň je v tomto ohledu nejlepší, pro každou fázi vzorku se tyto hodnoty měnily. U tloušťky před smočením je jednoznačně nejlepší (dle pořadí) směsová výplň, prachové peří, polyester a drané peří. Výsledky tloušťky za mokra jsou nejlepší (dle pořadí) pro polyesterovou výplň, směsovou výplň, drané peří a prachové peří. Tloušťka po usušení vyšla nejlépe (dle pořadí) pro prachové peří, směsovou výplň, drané peří a polyester. Vypočtené nejvyšší hodnoty stlačitelnosti za sucha patří (dle pořadí) prachovému peří, dranému peří, směsové výplni a polyesterové výplni. Nejvyšší hodnoty stlačitelnosti za mokra byly vypočteny (dle pořadí) pro polyesterovou výplň, směsovou výplň, drané a prachové peří.

V průběhu měření pro bakalářskou práci byly zjišťovány nové poznatky např. o 20% stlačení vzorků, které simuluje reálné nošení. Nedostatečné množství materiálu a informací pro toto měření je důvodem nekompletních hodnot v grafu 15, které už nebylo možné realizovat na výplních jako je prachové peří a drané peří. Polyesterová výplň a směsová výplň za 20% stlačení v tomto grafu 15 představuje nově ušité vzorky se stejnými parametry jako u vzorků předešlých.



Graf 18: Graf průměrných hodnot tepelného odporu ve třech fázích

Je možné říci, že tyto tři zmíněné výplňkové materiály (směsová výplň, prachové peří a polyester) si jsou svými tepelně-izolačními vlastnostmi velice podobné a srovnatelné po stránce tepelného odporu. Zimní výrobky se zmíněnými použitými výplněmi se po stránce finanční srovnat nedají. Zimní oděvy s péřovou výplní jsou řádově dvakrát dražší než oděvy s polyesterovou výplní. Domnívám se, že důvodem vyšší ceny péřových výplní oproti polyesterovým, je celková náročnost sběru, třídění i zpracování tohoto přírodního materiálu. Dalším možným důvodem vyšší ceny při správném zacházení může být i to, že zimní oděvy s péřovými výplněmi mají velice dlouhou životnost (řádově desítku let). Nevýhodou péřové výplně je náročná údržba a vystupování určitého podílu drobných pírek s brky skrz vrchový materiál. Za výhody polyesterových výplní považujeme nízkou navlhavost, větší tuhost materiálu a snadnou údržbu. Polyester je také příznivou variantou pro alergiky. K nevýhodám polyesteru patří nízká životnost a žmolkovitost, která se také projevuje u zimních oděvů. Domnívám se, že na základě výsledků testování výplňkových materiálů, které jsou cílem této bakalářské práce, je směsový materiál velice dobrou možností pro praktické využití. Kombinace a řešení kladných i záporných vlastností obou složek této výplně nabízí mnohá praktická využití. Polyester zastává v této směsi výbornou stabilitu tuhosti materiálu, složka prachového peří vyniká svými izolačními vlastnostmi. Využitelnost výplně bude závislá nejen na rozhodnutí výrobců a zákazníků, ale i na mnoha dalších faktorech jako jsou např. klimatické podmínky, využití typu výrobku a oděvu, ceně a mnoha dalších.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DIRECT ALPINE, S. R. O. [online]. 2011-2015 [cit. 2015-02-17]. Dostupné z: <http://www.directalpine.cz/profil-firmy>
- [2] RŮŽIČKOVÁ, D. *Oděvní materiály*. Vysokoškolský podnik, s.r.o. Liberec, Komenského 2: Technická univerzita v Liberci, 2003. 55-122-02.
- [3] STAŇEK, J. a M. KUBÍČKOVÁ. *Oděvní materiály*. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní v Liberci, 1986, 179 s..
- [4] KOZLOVSKÁ, H. a B. BOHANESOVÁ. *Oděvní materiály II*. Praha: INFORMATORIUM, 1998. ISBN 80-86073-29-7.
- [5] OUTDOOROVÝ OBCHOD, S. R. O. Péřové spacáky [online]. [cit. 2015-04-07]. Dostupné z: <http://www.affekt.cz/c/kempovani/spaci-pytle-a-karimatky/perove-spacaky/>
- [6] MILITKÝ, J. *Textilní vlákna klasická a speciální*. V Liberci: Technická univerzita v Liberci, 2012. ISBN 978-80-7372-844-1.
- [7] KOZLOVSKÁ, H. a B. BOHANESOVÁ. *Oděvní materiály I*. Praha: INFORMATORIUM, 1998. ISBN 80-85427-28-9.
- [8] PRIMALOFT. *propagační materiál PrimaLoft Insulation Down Blend*. Liberec: Primaloft, 2015.
- [9] HES, L. a P. SLUKA. *Úvod do komfortu textilií*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005. ISBN 80-7083-926-0.
- [10] INTERNÍ NORMA č.23-304-02/01. *Měření tepelných vlastností na přístroji Alambeta*. Třídící znak LN00B090; Výzkumné centrum Textil.
- [11] TLOUŠŤKOMĚŘ [online]. 2008, verze 15.10.2008 [cit. 2015-04-09]. Dostupné z: <http://www.kod.tul.cz/predmety/OM1/Cviceni/TLOUSTKOMER.pdf>
- [12] KOD. ZPRACOVATELSKÉ A UŽITNÉ VLASTNOSTI ODĚVNÍCH

MATERIÁLŮ [online]. 2013 [cit. 2015-05-05]. Dostupné z: http://www.kod.tul.cz/predmety/OM/prednasky/OM_prednaska4_A_2013.pdf

[13] FEATHERS [online]. 2013 [cit. 25-03-2015]. Dostupné z: <http://prototype.allaboutbirds.org/2014/08/01/feathers/>

OBSAH PŘILOŽENÉHO CD

Text bakalářské práce:

- Bakalarska_prace_2015_Barbora_Rejzkova.pdf
- Bakalarska_prace_2015_Barbora_Rejzkova.docx
- Kopie_zadani_Bakalarska_prace_2015_Barbora_Rejzkova.pdf

Fotografie:

- Fotografie pořízené během měření

PŘÍLOHY

Příloha 1

Tabulka naměřených hodnot tepelného odporu na Alambetě před smočením.

Plošný odpor vedení tepla r [$W^{-1}Km^2$] před smočením								
Vzorky	Směs		Prachové peří		Ručně drané peří		Polyester	
	1000 Pa	200 Pa	1000 Pa	200 Pa	1000 Pa	200 Pa	1000 Pa	200 Pa
1	0,209	0,313	0,212	0,317	0,175	0,269	0,217	0,316
2	0,202	0,314	0,209	0,323	0,174	0,256	0,225	0,315
3	0,211	0,327	0,199	0,328	0,168	0,257	0,221	0,317
4	0,206	0,315	0,197	0,332	0,158	0,268	0,239	0,337
5	0,217	0,310	0,206	0,323	0,156	0,266	0,236	0,326
6	0,206	0,325	0,215	0,311	0,180	0,278	0,215	0,317
7	0,207	0,314	0,211	0,317	0,197	0,254	0,209	0,317
8	0,198	0,313			0,183	0,241	0,216	0,323
9	0,204	0,310			0,177	0,249	0,244	0,339
10	0,211	0,327			0,174	0,272	0,225	0,312
Průměr [mm]	0,2071	0,3168	0,2070	0,3216	0,1742	0,2610	0,2247	0,3219
Směrodatná odchylka [mm]	0,0050	0,0064	0,0063	0,0066	0,0113	0,0109	0,0109	0,0089
Variační koeficient [%]	2,4283	2,0349	3,0224	2,0618	6,4733	4,1655	4,8631	2,7627
95% Interval spolehlivosti	0,0031	0,0040	0,0046	0,0049	0,0070	0,0067	0,0068	0,0055

Příloha 2

Tabulka naměřených hodnot tepelného odporu na Alambetě za mokra.

Plošný odpor vedení tepla r [$W^{-1}Km^2$] za mokra								
Vzorky	Směs		Prachové peří		Ručně drané peří		Polyester	
	1000 Pa	200 Pa	1000 Pa	200 Pa	1000 Pa	200 Pa	1000 Pa	200 Pa
1	0,0257	0,0495	0,0182	0,0395	0,0173	0,0397	0,0411	0,0621
2	0,0208	0,0532	0,0197	0,0413	0,0179	0,0493	0,0455	0,0578
3	0,0215	0,0559	0,0217	0,0383	0,0168	0,0425	0,0417	0,0621
4	0,0231	0,0598	0,0196	0,0418	0,0217	0,0399	0,0453	0,0620
5	0,0221	0,0483	0,0199	0,0402	0,0166	0,0461	0,0451	0,0564
6	0,0184	0,0602	0,0179	0,0421	0,0192	0,0413	0,0421	0,0553
7	0,0197	0,0518	0,0196	0,0408	0,0147	0,0472	0,0417	0,0685
8	0,0195	0,0429			0,0233	0,0401	0,0463	0,0572
9	0,0242	0,0532			0,0210	0,0524	0,0449	0,0589
10	0,0205	0,0448			0,0176	0,0388	0,0452	0,0629
Průměr [mm]	0,0216	0,0520	0,0195	0,0406	0,0186	0,0437	0,0439	0,0603
Směrodatná odchylka [mm]	0,0021	0,0055	0,0012	0,0012	0,0025	0,0045	0,0019	0,0038
Variační koeficient [%]	9,9703	10,5550	5,9094	3,0721	13,5352	10,2180	4,2728	6,2339
95% Interval spolehlivosti	0,0013	0,0034	0,0009	0,0009	0,0016	0,0028	0,0012	0,0023

Příloha 3

Tabulka naměřených hodnot tepelného odporu na Alambetě po usušení.

Plošný odpor vedení tepla r [$W^{-1}Km^2$] po usušení								
Vzorky	Směs		Prachové peří		Ručně drané peří		Polyester	
	1000 Pa	200 Pa	1000 Pa	200 Pa	1000 Pa	200 Pa	1000 Pa	200 Pa
1	0,188	0,317	0,197	0,323	0,166	0,259	0,209	0,295
2	0,196	0,301	0,205	0,320	0,164	0,276	0,208	0,301
3	0,211	0,328	0,201	0,312	0,152	0,268	0,210	0,284
4	0,211	0,320	0,195	0,312	0,151	0,239	0,211	0,296
5	0,200	0,307	0,199	0,298	0,164	0,239	0,210	0,312
6	0,182	0,305	0,193	0,324	0,169	0,278	0,209	0,298
7	0,175	0,287	0,182	0,311	0,164	0,265	0,190	0,282
8	0,203	0,315			0,157	0,249	0,211	0,305
9	0,201	0,315			0,167	0,247	0,206	0,301
10	0,214	0,311			0,167	0,244	0,205	0,305
Průměr [mm]	0,1981	0,3106	0,1960	0,3143	0,1621	0,2564	0,2069	0,2979
Směrodatná odchylka [mm]	0,0123	0,0108	0,0068	0,0084	0,0061	0,0140	0,0059	0,0088
Variační koeficient [%]	6,2254	3,4742	3,4604	2,6605	3,7672	5,4719	2,8712	2,9588
95% Interval spolehlivosti	0,0076	0,0067	0,0050	0,0062	0,0038	0,0087	0,0037	0,0055

Příloha 4

Tabulka tepelného odporu za 20% stlačení na Alambetě za mokra a po usušení

Plošný odpor vedení tepla r [$W^{-1}Km^2$] za 20% stlačení (za mokra a po usušení)								
Vzorky	Směs		Prachové peří		Ručně drané peří		Polyester	
	za mokra	po usušení	za mokra	po usušení	za mokra	po usušení	za mokra	po usušení
1	0,0761	0,359	0,0591	0,356	0,0615	0,343	0,0746	0,366
2	0,0682	0,346	0,0538	0,379	0,0582	0,352	0,0731	0,354
3	0,0708	0,350	0,0479	0,381	0,0629	0,346	0,0778	0,340
4	0,0704	0,351	0,0506	0,383	0,0641	0,343	0,0839	0,348
5	0,0633	0,354	0,0527	0,365	0,0543	0,340	0,0621	0,341
6	0,0721	0,356	0,0574	0,374	0,0617	0,353	0,0693	0,355
7	0,0639	0,335	0,0582	0,377	0,0623	0,327	0,0702	0,355
8	0,0769	0,343			0,0627	0,341	0,0762	0,359
9	0,0680	0,346			0,0569	0,330	0,0635	0,369
10	0,0751	0,331			0,0618	0,335	0,0789	0,354
Průměr [mm]	0,0705	0,3471	0,0542	0,3736	0,0606	0,3410	0,0730	0,3541
Směrodatná odchylka [mm]	0,0045	0,0085	0,0039	0,0090	0,0030	0,0081	0,0065	0,0089
Variační koeficient [%]	6,3939	2,4394	7,1502	2,4107	4,8759	2,3679	8,8831	2,5210
95% Interval spolehlivosti	0,0028	0,0052	0,0024	0,0056	0,0018	0,0050	0,0040	0,0055

Příloha 5

Tabulka hodnot tloušťky vzorků před smočením, měřených na digitálním tloušťkoměru.

Tloušťka vzorků před smočením [mm]								
Vzorky	Směs		Prachové peří		Ručně drané peří		Polyester	
	1000 Pa	100 Pa	1000 Pa	100 Pa	1000 Pa	100 Pa	1000 Pa	100 Pa
1	23,36	35,70	18,25	31,26	13,33	27,78	14,00	22,38
2	22,34	35,14	18,30	32,40	13,90	26,29	14,63	23,27
3	23,57	36,63	18,80	32,30	13,10	25,68	14,94	24,89
4	22,01	35,19	18,88	31,99	12,08	25,37	15,41	26,60
5	22,36	35,85	17,50	30,52	14,18	28,19	16,19	26,26
6	20,58	34,00	18,06	30,62	13,98	29,12	14,29	24,07
7	21,85	33,15	17,77	30,88	14,00	27,33	11,12	21,64
8	21,99	35,70			12,27	25,77	14,53	25,77
9	21,77	33,99			12,73	24,38	15,49	25,70
10	23,59	35,97			12,74	23,86	14,50	24,36
Průměr [mm]	22,342	35,132	18,223	31,424	13,231	26,377	14,510	24,494
Směrodatná odchylka [mm]	0,8950	1,0307	0,4669	0,7394	0,7258	1,6089	1,2881	1,5844
Variační koeficient [%]	4,0059	2,9339	2,5620	2,3529	5,4856	6,0998	8,8776	6,4686
95% Interval spolehlivosti	0,5547	0,6389	0,3459	0,5477	0,4498	0,9972	0,7984	0,9820

Příloha 6

Tabulka hodnot tloušťky vzorků za mokra, měřených na digitálním tloušťkoměru.

Tloušťka vzorků za mokra [mm]								
Vzorky	Směs		Prachové peří		Ručně drané peří		Polyester	
	1000 Pa	100 Pa	1000 Pa	100 Pa	1000 Pa	100 Pa	1000 Pa	100 Pa
1	3,90	9,45	3,51	5,76	3,94	6,95	10,79	18,03
2	4,06	10,43	3,20	5,44	3,52	5,89	11,00	18,79
3	5,32	10,63	3,88	4,44	4,15	7,08	9,57	17,02
4	4,62	11,18	3,98	6,33	3,73	6,57	11,69	19,94
5	5,17	11,20	2,93	4,36	4,25	7,11	11,80	18,33
6	5,53	11,15	2,65	4,43	5,84	8,14	10,55	18,09
7	4,60	11,83	3,85	5,40	4,57	6,64	9,81	18,12
8	3,72	9,25			3,32	7,33	10,43	19,91
9	4,86	9,57			4,27	7,02	10,88	18,18
10	4,39	10,38			3,65	6,37	11,15	19,77
Průměr [mm]	4,62	10,51	3,43	5,17	4,12	6,91	10,77	18,62
Směrodatná odchylka [mm]	0,5808	0,8191	0,4780	0,7127	0,6787	0,5738	0,6814	0,9206
Variační koeficient [%]	12,5798	7,7958	13,9403	13,7975	16,4575	8,3038	6,3283	4,9445
95% Interval spolehlivosti	0,3600	0,5077	0,3541	0,5280	0,4207	0,3556	0,4223	0,5706

Příloha 7

Tabulka hodnot tloušťky vzorků po usušení, měřených na digitálním tloušťkoměru.

Tloušťka vzorků po usušení [mm]								
Vzorky	Směs		Prachové peří		Ručně drané peří		Polyester	
	1000 Pa	100 Pa	1000 Pa	100 Pa	1000 Pa	100 Pa	1000 Pa	100 Pa
1	14,17	25,70	15,34	27,37	13,56	25,18	12,61	22,07
2	16,17	27,30	17,08	29,81	13,66	26,97	12,99	22,78
3	15,99	26,62	16,54	28,49	14,27	27,44	12,04	21,41
4	16,58	27,28	16,09	26,33	11,51	25,59	13,08	22,32
5	15,99	26,83	15,70	28,73	13,91	26,79	13,77	23,87
6	15,37	26,50	15,71	27,45	13,43	26,20	13,10	22,73
7	13,76	25,48	16,81	29,92	14,65	27,86	10,82	21,05
8	16,10	27,37			12,69	25,51	12,91	22,91
9	16,44	27,37			12,78	24,87	12,47	21,86
10	15,90	26,61			12,21	26,05	12,81	22,43
Průměr [mm]	15,647	26,706	16,181	28,300	13,267	26,246	12,660	22,343
Směrodatná odchylka [mm]	0,8998	0,6445	0,5978	1,2302	0,9151	0,9430	0,7486	0,7650
Variační koeficient [%]	5,7506	2,4133	3,6943	4,3470	6,8973	3,5930	5,9134	3,4239
95% Interval spolehlivosti	0,5577	0,3995	0,4428	0,9113	0,5672	0,5845	0,4640	0,4741

Příloha 8

Tabulka naměřených hodnot vzorků před a po smočení, s výpočtem mokrého přivažku.

Hmotnost vzorků před a po smočení, mokrý přivažek												
Vzork y	Směs			Prachové peří			Ručně drané peří			Polyester		
	Před smoče ním [g]	Po smoče ní [g]	Mokrý přivaž ek [%]	Před smoče ním [g]	Po smoče ní [g]	Mokrý přivaž ek [%]	Před smoče ním [g]	Po smoče ní [g]	Mokrý přivaž ek [%]	Před smoče ním [g]	Po smoče ní [g]	Mokrý přivaž ek [%]
1	5,0	14,14	182,8	5,0	11,15	123,0	5,0	12,72	154,4	5,0	12,98	159,6
2	5,0	13,77	175,4	5,0	11,87	137,4	5,0	11,13	122,6	5,0	12,92	158,4
3	5,0	13,99	179,8	5,0	12,45	149,0	5,0	11,86	137,2	5,0	12,25	145,0
4	5,0	13,80	176,0	5,0	11,90	138,0	5,0	12,24	144,8	5,0	11,45	129,0
5	5,0	13,75	175,0	5,0	11,86	137,2	5,0	12,76	155,2	5,0	12,83	156,6
6	5,0	13,85	177,0	5,0	11,80	136,0	5,0	12,24	144,8	5,0	11,82	136,4
7	5,0	13,83	176,6	5,0	12,41	148,2	5,0	11,71	134,2	5,0	12,54	150,8
8	5,0	14,32	186,4				5,0	12,23	144,6	5,0	12,99	159,8
9	5,0	14,11	182,2				5,0	12,49	149,8	5,0	12,58	151,6
10	5,0	14,22	184,4				5,0	11,74	134,8	5,0	12,86	157,2
Průměr ná hodnot a	5,0	14,0	179,6	5,0	11,9	138,4	5,0	12,1	142,2	5,0	12,5	150,4
Směrod atná odchylk a	0	0,196 102	3,922 04	0	0,402 634	8,052 684	0	0,480 308	9,606 165	0	0,501 593	10,03 187
Variačn í koeficie nt	0	1,402 933	2,184 251	0	3,377 804	5,818 413	0	3,965 557	6,753 49	0	4,005 698	6,668 352
95% Interval spolehl ivosti		0,121 543	2,430 861		0,298 27	5,965 402		0,297 693	5,953 853		0,310 885	6,217 703

Příloha 9

Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot stlačitelnosti před smočením.

Stlačitelnost před smočením z [mm]				
Vzorky	Směs	Prachové peří	Ručně drané peří	Polyester
1	12,34	13,01	14,45	8,38
2	12,8	14,1	12,39	8,64
3	13,06	13,5	12,58	9,95
4	13,18	13,11	13,29	11,19
5	13,49	13,02	14,01	10,07
6	13,42	12,56	15,14	9,78
7	11,3	13,11	13,33	10,52
8	13,71		13,5	11,24
9	12,22		11,65	10,21
10	12,38		11,12	9,86
Průměr [mm]	12,790	13,201	13,146	9,984
Směrodatná odchylka [mm]	0,6981	0,4463	1,1763	0,8840
Variační koeficient [%]	5,4585	3,3807	8,9482	8,8544
95% Interval spolehlivosti	0,4327	0,3306	0,7291	0,5479

Příloha 10

Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot stlačitelnosti za mokra.

Stlačitelnost za mokra z [mm]				
Vzorky	Směs	Prachové peří	Ručně drané peří	Polyester
1	5,55	2,25	3,01	7,24
2	6,37	2,24	2,37	7,79
3	5,31	0,56	2,93	7,45
4	6,56	2,35	2,84	8,25
5	6,03	1,43	2,86	6,53
6	5,62	1,78	2,3	7,54
7	7,23	1,55	2,07	8,31
8	5,53		4,01	9,48
9	4,71		2,75	7,30
10	5,99		2,72	8,62
Průměr [mm]	5,890	1,737	2,786	7,851
Směrodatná odchylka [mm]	0,6746	0,5866	0,5005	0,7936
Variační koeficient [%]	11,4540	33,7656	17,9650	10,1083
95% Interval spolehlivosti	0,4181	0,3635	0,3102	0,4919

Příloha 11

Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot stlačitelnosti po usušení.

Stlačitelnost po usušení z [mm]				
Vzorky	Směs	Prachové peří	Ručně drané peří	Polyester
1	11,53	12,03	11,62	9,46
2	11,13	12,73	13,31	9,79
3	10,63	11,95	13,17	9,37
4	10,70	10,24	14,08	9,24
5	10,84	13,03	12,88	10,10
6	11,13	11,74	12,77	9,63
7	11,72	13,11	13,21	10,23
8	11,27		12,82	10,00
9	10,93		12,09	9,39
10	10,71		13,84	9,62
Průměr [mm]	11,059	12,119	12,979	9,683
Směrodatná odchylka [mm]	0,3482	0,9178	0,6978	0,3196
Variační koeficient [%]	3,1489	7,5732	5,3762	3,3009
95% Interval spolehlivosti	0,2158	0,6799	0,4325	0,1981